

**PATENT**  
2557-000175/US

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicants: Surgey ZHIDKOV Conf. No.: Unknown  
Filing Date: March 23, 2004 Examiner: Unknown  
Application No.: 10/806,459 Group Art Unit: 2631  
Title: IMPULSE NOISE REDUCTION TO AN MCM SIGNAL

**PRIORITY LETTER**

July 8, 2004

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sirs:

Pursuant to the provisions of 35 U.S.C. 119, enclosed is/are a certified copy of the following priority document(s).

<b><u>Application No.</u></b>	<b><u>Date Filed</u></b>	<b><u>Country</u></b>
10-2003-0050266	July 22, 2003	Korea

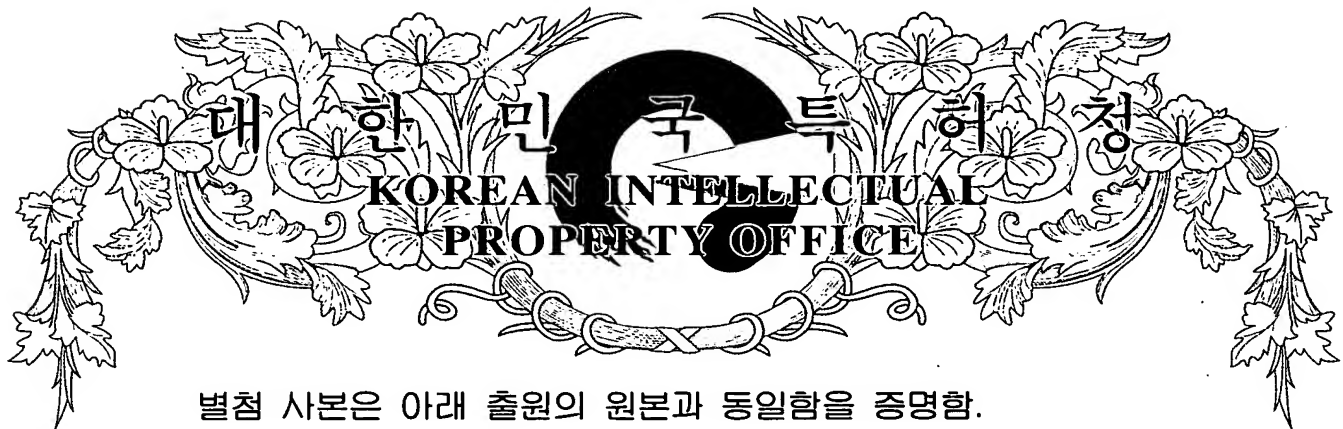
In support of Applicant's priority claim, please enter this document into the file.

Respectfully submitted,

HARNESS, DICKEY, & PIERCE, P.L.C.

By Thomas S. Auchterlonie  
Thomas S. Auchterlonie  
Reg. No. 37,275

P.O. Box 8910  
Reston, Virginia 20195  
(703) 668-8000



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0050266  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 07월 22일  
Date of Application JUL 22, 2003

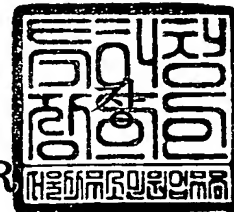
출원인 : 삼성전자주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2004 년 04 월 16 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

**【서류명】** 특허출원서  
**【권리구분】** 특허  
**【수신처】** 특허청장  
**【참조번호】** 0011  
**【제출일자】** 2003.07.22  
**【국제특허분류】** H01L  
**【발명의 명칭】** 직교 주파수 분할 다중 수신 시스템에서의 임펄스 잡음 억제 회로 및 방법  
**【발명의 영문명칭】** Circuit for impulsive noise suppression in orthogonal frequency division multiple receiving system and method thereof  
**【출원인】**  
**【명칭】** 삼성전자 주식회사  
**【출원인코드】** 1-1998-104271-3  
**【대리인】**  
**【성명】** 이영필  
**【대리인코드】** 9-1998-000334-6  
**【포괄위임등록번호】** 2003-003435-0  
**【대리인】**  
**【성명】** 정상빈  
**【대리인코드】** 9-1998-000541-1  
**【포괄위임등록번호】** 2003-003437-4  
**【발명자】**  
**【성명의 국문표기】** 세르게이 지드코프  
**【성명의 영문표기】** SERGEY,Zhidkov  
**【주소】** 경기도 수원시 팔달구 매탄동 성일아파트 201동 1501호  
**【국적】** RU  
**【심사청구】** 청구  
**【취지】** 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
 이영필 (인) 대리인  
 정상빈 (인)

## 【수수료】

【기본출원료】	20	면	29,000	원
---------	----	---	--------	---

【가산출원료】	60	면	60,000	원
---------	----	---	--------	---

【우선권주장료】	0	건	0	원
----------	---	---	---	---

【심사청구료】	32	항	1,133,000	원
---------	----	---	-----------	---

【합계】	1,222,000	원		
------	-----------	---	--	--

【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통			
--------	-------------------	--	--	--

**【요약서】****【요약】**

직교 주파수 분할 다중 수신 시스템에서의 임펄스 잡음 억제 회로 및 방법이 개시된다. 본 발명에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로는 전체 잡음 측정부, 임펄스 잡음 추출부 및 보상신호 발생부를 구비한다. 전체 잡음 측정부는 복조된 OFDM 신호를 등화(equalize)시킨 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 상기 등화 신호 및 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 전체 잡음 신호를 출력한다. 임펄스 잡음 추출부는 상기 전체 잡음 신호로부터 임펄스 잡음 신호를 추출하여 출력한다. 보상 신호 발생부는 상기 임펄스 잡음 신호를 수신하고 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호 및 상기 등화 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 발생한다. OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로는 상기 복조된 OFDM 신호를 수신하여 상기 등화 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 등화기를 더 구비할 수 있다. 본 발명에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로 및 방법은 종래의 임펄스 잡음 억제 방법들의 단점을 보완하여 임펄스 잡음 억제 성능을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

**【대표도】**

도 4a

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

직교 주파수 분할 다중 수신 시스템에서의 임펄스 잡음 억제 회로 및 방법{Circuit for impulsive noise suppression in orthogonal frequency division multiple receiving system and method thereof}

## 【도면의 간단한 설명】

본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 간단한 설명이 제공된다.

도 1은 일반적인 OFDM 송신 및 수신 시스템의 구조를 설명하는 블록도이다.

도 2는 EP1011235에 개시된 클리핑 방법을 설명하는 블록도이다.

도 3은 유럽 특허 EP1043874에 개시된 "클리핑 및 제로잉(clipping and zeroing)" 방법을 설명하는 도면이다.

도 4(a)는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로를 나타내는 블록도이다.

도 4(b)는 도 4(a)의 임펄스 잡음 억제 회로의 다른 실시예를 설명하는 블록도이다.

도 4(c)는 도 4(a)의 임펄스 잡음 억제 회로의 또 다른 실시예를 설명하는 블록도이다.

도 4(d)는 도 4(a)내지 도 4(c)의 임펄스 잡음 억제 회로를 간략화한 블록도이다.

도 4(e)는 도 4(d)의 임펄스 잡음 억제 회로를 구비하는 OFDM 수신 시스템을 설명하는 블록도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 방법을 설명하는 플로우 차트이다.

도 6은 일반적인 OFDM 수신 시스템에 있어서, 가우스 잡음, 임펄스 잡음 간섭, 하향 변환 및 아날로그-디지털 변환된 수신 신호를 설명하는 도면이다.

도 7은 도 4의 본 발명에 있어서 시간 영역의 전체 잡음 신호 및 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 설명하는 도면이다.

도 8은 도 4(a)내지 도 4(c)의 임펄스 잡음 억제 회로가 복수 개 연결된 멀티 스테이지(multi stage) 임펄스 잡음 억제 회로를 설명하는 블록도이다.

도 9(a)는 본 발명의 다른 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로를 설명하는 블록도이다.

도 9(b)는 도 9(a)의 임펄스 잡음 억제 회로를 간략화 한 블록도이다.

도 9(c)는 도 9(b)의 임펄스 잡음 억제 회로를 구비하는 OFDM 수신 시스템을 설명하는 블록도이다.

도 9(d)는 도 9(a)의 임펄스 잡음 억제 회로를 이용한 멀티 스테이지(multi stage) 임펄스 잡음 억제 회로를 설명하는 블록도이다.

도 9(e)는 도 9(d)의 임펄스 잡음 억제 회로를 간략화 한 블록도이다.

도 10(a)는 본 발명의 다른 실시예에 따른 시간 영역의 임펄스 잡음 억제 회로를 설명하는 블록도이다.

도 10(b)는 도 10(a)의 임펄스 잡음 억제 회로를 간략화 한 블록도이다.

도 10(c)는 도 10(b)의 임펄스 잡음 억제 회로를 구비하는 OFDM 수신 시스템을 설명하는 블록도이다.

도 10(d)는 도 10(a)의 시간 영역의 임펄스 잡음 억제 회로가 복수 개 연결된 멀티 스테이지(multi stage) 임펄스 잡음 억제 회로를 설명하는 블록도이다.

도 10(e)는 도 10(c)의 OFDM 수신 시스템이 클리핑 회로를 더 구비하는 것을 설명하는 블록도이다.

도 11은 클리핑 왜곡에 의한 임펄스 특성을 설명하는 도면이다.

도 12는 가우스 잡음(AWGN) 채널상에서 "클리핑 및 제로잉" 방법과 본 발명에 따른 방법에 의해 시뮬레이션 한 결과를 설명하는 도면이다.

도 13은 정적 랠리 채널(static Rayleigh channel) 상에서 "클리핑 및 제로잉" 방법과 본 발명에 따른 방법에 의해 시뮬레이션 한 결과를 설명하는 도면이다.

#### 【발명의 상세한 설명】

#### 【발명의 목적】

#### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<27> 본 발명은 직교 주파수 분할 다중(Orthogonal Frequency Division Multiplexing : 이하 OFDM 이라함) 수신 시스템에 관한 것으로서, 특히, OFDM 신호 중 임펄스 잡음(Impulse Noise)을 억제하는 회로에 관한 것이다.

<28> 일반적으로, OFDM 기술은 디지털 오디오 방송(Digital Audio Broadcasting : DAB), 디지털 텔레비전, 무선 근거리 통신망(Wireless Local Area Network : WLAN) 및 무선 비동기 전송



모드(Wireless Asynchronous Transfer Mode :WATM) 등의 디지털 전송 기술에 광범위하게 적용되고 있다.

- <29> OFDM 방식은 전송하려는 데이터를 복수 개로 나누어 변조한 후 병렬로 전송하는 다중 반송파 기술이다. 그러나 구조의 복잡성으로 인하여 널리 사용되지 못하다가 최근 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform : FFT)과 역 고속 푸리에 변환(Inverse FFT: IFFT)을 포함한 각종 디지털 신호 처리 기술이 발전함에 따라 점차 널리 사용되고 있다.
- <30> OFDM 방식은 종래의 FDM 방식과 유사하나 부반송파 간의 직교성을 유지하여 전송함으로써 고속 데이터 전송시 최적의 전송 효율을 얻을 수 있는 특징이 있다. 최근 이러한 장점으로 인하여 WATM과 같은 고속 데이터 전송 시 OFDM 방식을 이용한 OFDM/TDMA 및 OFDM/CDMA 등의 다양한 구현 기술이 제안되고 있다.
- <31> 도 1은 일반적인 OFDM 송신 및 수신 시스템의 구조를 설명하는 블록도이다.
- <32> 일반적으로, OFDM 송신 및 수신 시스템(100)은 단일 반송파(single carrier) 시스템에 비하여 임펄스 잡음 간섭(impulse noise interference)에 덜 민감하다. 그 이유는 OFDM 심볼이 긴 구간(duration)을 가지고 있어서 임펄스 잡음 에너지가 하나의 OFDM 심볼의 주기(period) 동안 모든 OFDM 부 반송파들에 걸쳐서 분산되기 때문이다.
- <33> 그러나, 일정한 경우에는 임펄스 잡음 간섭이 OFDM 시스템의 동작에 큰 영향을 미칠 수도 있다. 예를 들어 64-QAM(Quadrature Amplitude Modulation)을 사용하는 DVB-T(유럽 디지털 방송 방식 : Digital Video Broadcasting-Terrestrial)은 임펄스 잡음 간섭에 의해서 심각하게 영향 받을 수 있다는 것이 최근에 밝혀졌다.(EP1043874)

- <34> OFDM 시스템에서 임펄스 잡음 억제를 위한 전통적인 방법은 시간 영역(time-domain))에서의 클리핑(clipping)을 이용하는 것이다. 그러한 방법에 대한 설명이 유럽 특허 EP1043874 및 EP1011235에 개시되어 있다.
- <35> 도 2는 EP1011235에 개시된 클리핑 방법을 설명하는 블록도이다.
- <36> 도 2를 참조하면, 도 2의 클리핑 시스템(200)은 고정된 임계 클리핑 값을 사용하여 신호가 디지털로 전환되기 전의 아날로그 영역에서 클리핑을 수행한다. 클리핑 되는 양은 아날로그 디지털 컨버터의 출력 신호의 파워를 측정하고 증폭 이득을 조정함에 의하여 결정된다.
- <37> 즉, 파워 측정부(240)는 아날로그 디지털 컨버터(230)에서 출력된 신호의 파워(power)를 측정하여 임계 값 계산부(250)로 인가한다. 임계 값 계산부(250)는 가변 이득 증폭부(210)를 제어하여 증폭 이득을 제어한다. 제어된 증폭 이득은 클리핑 부(220)로 인가되어 클리핑 되는 양을 결정하여 클리핑을 수행한다.
- <38> 만일 OFDM 신호의 평균 파워보다 임펄스의 크기가 매우 크다면 도 2의 이러한 클리핑 방법은 임펄스 잡음 억제에 매우 효과적이다. 이 경우, 큰 크기의 임펄스 피크(peak)는 신호 값의 피크가 되는 클리핑 레벨을 가지는 샘플들로 대체된다. 그러나, 이러한 클리핑은 부 반송파들의 직교성(orthogonality)을 왜곡시키고 그 결과 비트 에러율(Bit-Error Rate :BER)이 증가된다.
- <39> 도 3은 유럽 특허 EP1043874에 개시된 "클리핑 및 제로잉(clipping and zeroing)" 방법을 설명하는 도면이다.
- <40> EP1043874에 개시된 방법도 또한 시간 영역에서 수행되지만 클리핑 레벨을 초과하는 임펄스 피크들은 영(zero)으로 대체된다. 도 3(a)에서 클리핑 레벨을 초과하는 임펄스 잡음들이

도 3(b)에서 영(zero)의 레벨로 되는 것을 알 수 있다. 그리고 EP1043874에 개시된 방법은 아날로그 디지털 컨버터 다음에 클리핑 동작을 수행한다.

- <41> EP1043874에 개시된 방법은 도 2의 시스템(200)에서 개시된 방법에 비하여 좀 더 우수한 성능을 가진다. 왜냐하면, 임펄스 잡음 간섭에 의해서 영향 받는 샘플들은 평균 신호 값인 영(zero)으로 대체되기 때문이다.
- <42> 앞에서 설명한 두 가지 방법은 최소 비트 에러율(Bit Error Rate : BER)에 대응되는 클리핑 레벨이 사용된다면 임펄스 잡음 채널 상에서 모두 거의 비슷한 성능을 보인다는 것이 알려져 있다.
- <43> 그러나, "클리핑 및 제로잉(clipping and zeroing)" 방법은 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널 상에서는 비트 에러율의 감소를 줄이는 문제를 발생시킨다. 왜냐하면 이 경우의 클리핑 레벨은 임펄스 잡음 채널에 비해서 좀 더 높기 때문이다.
- <44> OFDM 시스템에 임펄스 잡음이 미치는 영향을 해결하기 위한 다른 방법은 OFDM 신호의 특별한 성질에 근거한다. 영("0")의 부 반송파를 몇 개의 연속적인 위치에 가지는 OFDM 변조기는 리드 솔로몬 코더(Reed Solomon Coder)로서 동작된다는 사실이 알려져 있다.
- <45> 이러한 사실은 논문[J.K.Wolf, "Redundancy, the Discrete Fourier Transform and Impulse Noise Cancellation", IEEE Trans. On Communications, Vol.31, No.3, 1983]에서 설명된 임펄스 잡음 보상을 위해서 사용될 수 있다.
- <46> 그러나 전통적인 에러 보정 디코더들(예를 들어 Zielrler-Gorenstein decoders [W.W.Peterson and E.J. Weldon, "Error correcting Codes", Cambridge, MA: MIT Press, 1972])

은 임펄스 잡음 간섭 및 WGN(White Gaussian Noise)모두에 의해서 영향 받는 신호들을 처리할 수 없다는 문제가 있다.

<47> OFDM 신호의 특별한 성질에 근거한 잡음 해결 방법은 또한 OFDM 신호에 추가적인 영("0")의 부 반송파들을 삽입하는 데 기인한 높은 리던던시(redundancy)의 문제가 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<48> 본 발명이 이루고자하는 기술적 과제는 임펄스 잡음이 존재하는 경우 OFDM 수신기의 성능을 향상시키기 위한 임펄스 잡음 억제 회로를 제공하는데 있다.

<49> 본 발명이 이루고자하는 다른 기술적 과제는 임펄스 잡음이 존재하는 경우 OFDM 수신기의 성능을 향상시키기 위한 임펄스 잡음 억제 방법을 제공하는데 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

<50> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로는 전체 잡음 측정부, 임펄스 잡음 추출부 및 보상신호 발생부를 구비한다.

<51> 전체 잡음 측정부는 복조된 OFDM 신호를 등화(equalize)시킨 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 상기 등화 신호 및 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 전체 잡음 신호를 출력한다.

<52> 임펄스 잡음 추출부는 상기 전체 잡음 신호로부터 임펄스 잡음 신호를 추출하여 출력한다. 보상 신호 발생부는 상기 임펄스 잡음 신호를 수신하고 상기 채널 주파수 응답 신호를 역변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호 및 상기 등화 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 발생한다.

- <53>      상기 전체 잡음 측정부는 채널 추정부, 제 1 연산부 및 제 2 연산부를 구비한다. 채널 추정부는 상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들에 대응되는 기준 위상과 크기를 찾아 전송된 데이터 비트를 추정하고 추정된 전송 신호를 추정 전송 신호로서 출력한다.
- <54>      제 1 연산부는 상기 등화 신호에서 상기 추정 전송 신호를 감산한다. 제 2 연산부는 상기 제 1 연산부의 출력과 상기 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 임펄스 잡음과 가우스 잡음(White Gaussian Noise)이 섞여있는 상기 전체 잡음 신호를 출력한다.
- <55>      상기 임펄스 잡음 추출부는 역 푸리에 변환부, 피크 검출부 및 푸리에 변환부를 구비한다.
- <56>      역 푸리에 변환부는 상기 전체 잡음 신호를 역 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)하여 출력한다. 피크 검출부는 상기 역 푸리에 변환부의 출력으로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 검출한다.
- <57>      푸리에 변환부는 상기 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 푸리에 변환하여 주파수 영역의 상기 임펄스 잡음 신호로서 출력한다.
- <58>      상기 보상 신호 발생부는 제 3 연산부 및 제 4 연산부를 구비한다. 제 3 연산부는 상기 임펄스 잡음 신호와 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 그 결과를 출력한다. 제 4 연산부는 상기 등화 신호에서 상기 제 3 연산부의 출력을 감산하고 그 결과를 상기 보상 신호로서 출력한다.
- <59>      상기 보상 신호 발생부는 상기 채널 주파수 응답 신호를 역변환(Inverse Transform)하여 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 역 변환부, 상기 등화 신호를 일정한 시간만큼 지

연시키는 제 1 지연부 및 상기 역 주파수 응답 신호를 일정한 시간만큼 지연시키는 제 2 지연부를 더 구비한다.

<60> OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로는 상기 복조된 OFDM 신호를 수신하여 상기 등화 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 등화기를 더 구비할 수 있다.

<61> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 방법은 (a) 복조된 OFDM 신호를 등화(equalize)시킨 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 상기 등화 신호 및 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 전체 잡음 신호를 출력하는 단계, (b) 상기 전체 잡음 신호로부터 임펄스 잡음 신호를 추출하여 출력하는 단계 및 (c) 상기 임펄스 잡음 신호를 수신하고 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호 및 상기 등화 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 발생하는 단계를 구비한다.

<62> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템은 초기 푸리에 변환부, 등화기 및 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로를 구비한다.

<63> 초기 푸리에 변환부는 전송된 OFDM 신호를 복조 한다. 등화기는 상기 푸리에 변환부에서 출력된 신호를 등화 시킨 등화 신호 및 채널 주파수 응답 신호를 발생한다.

<64> 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로는 상기 등화 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 상기 등화 신호에 포함된 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 출력한다. 상기 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로는 직렬 연결된다.

<65> 상기 임펄스 잡음 억제 회로는 전체 잡음 측정부, 임펄스 잡음 추출부 및 보상 신호 발생부를 구비한다.

- <66> 전체 잡음 측정부는 상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 상기 등화 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 전체 잡음 신호를 출력한다.
- <67> 임펄스 잡음 추출부는 상기 전체 잡음 신호로부터 임펄스 잡음 신호를 추출하여 출력한다. 보상 신호 발생부는 상기 임펄스 잡음 신호를 수신하고 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호 및 상기 등화 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 발생한다.
- <68> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템은 복조 및 임펄스 잡음 추출부, 등화기, 전체 잡음 측정부 및 보상 신호 발생부를 구비한다.
- <69> 복조 및 임펄스 잡음 추출부는 OFDM 신호를 수신하여 복조하고, 소정의 전체 잡음 신호로부터 임펄스 잡음 신호를 추출하여 출력한다. 등화기는 상기 복조 및 임펄스 잡음 추출부에서 출력되는 복조된 OFDM 신호를 등화시킨 등화 신호 및 채널 주파수 응답 신호를 발생한다.
- <70> 전체 잡음 측정부는 상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 상기 등화 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 상기 전체 잡음 신호를 출력한다.
- <71> 보상 신호 발생부는 상기 임펄스 잡음 신호를 수신하고 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호 및 상기 등화 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 발생한다.
- <72> 상기 복조 및 임펄스 잡음 추출부는 멀티플렉서, 푸리에 변환부, 디멀티플렉서, 역 푸리에 변환부 및 피크 검출부를 구비한다.

- <73> 멀티 플렉서는 제어 신호에 응답하여 제 1 내지 제 3 입력 모드 신호중 하나를 출력한다. 퓨리에 변환부는 상기 멀티플렉서의 출력을 수신하여 퓨리에 변환한다. 디멀티 플렉서는 상기 제어 신호에 응답하여 상기 퓨리에 변환부의 출력을 제 1 내지 제 3 출력 모드 신호 중 하나로서 출력한다.
- <74> 역 퓨리에 변환부는 상기 퓨리에 변환부와 연계되어 상기 전체 잡음 신호를 역 퓨리에 변환한다. 피크 검출부는 상기 역 퓨리에 변환부의 출력으로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 검출하고 상기 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 상기 제 3 입력 모드 신호로서 출력한다.
- <75> 상기 제 1 입력 모드 신호는 상기 OFDM 신호이고 상기 제 1 출력 모드 신호는 상기 OFDM 신호가 복조된 신호이고, 상기 제 3 출력 모드 신호는 주파수 영역의 임펄스 잡음 신호인 것을 특징으로 한다.
- <76> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로는 전체 잡음 측정부 및 시간영역 보상 신호 발생부를 구비한다.
- <77> 전체 잡음 측정부는 복조된 OFDM 신호를 등화(equalize)시킨 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 복조되기 전의 OFDM 신호 및 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 시간 영역의 전체 잡음 신호를 출력한다.
- <78> 시간 영역 보상 신호 발생부는 상기 시간 영역의 전체 잡음 신호로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 추출하고 상기 복조되기 전의 OFDM 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 시간영역의 보상 신호를 출력한다.



- <79>       상기 전체 잡음 측정부는 채널 추정부, 제 1 연산부, 역 푸리에 변환부 및 제 2 연산부를 구비한다.
- <80>       채널 추정부는 상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들에 대응되는 기준 위상과 크기를 찾아 전송된 데이터 비트를 추정하고 추정된 전송 신호를 추정 전송 신호로서 출력한다.
- <81>       제 1 연산부는 상기 채널 주파수 응답 신호와 상기 추정 전송 신호를 내적(dot product)한다. 역 푸리에 변환부는 상기 제 1 연산부의 출력을 역 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)하여 출력한다.
- <82>       제 2 연산부는 상기 복조 되기 전의 OFDM 신호로부터 상기 역 푸리에 변환부의 출력을 감산하여 임펄스 잡음과 가우스 잡음(White Gaussian Noise)이 섞여있는 상기 시간영역의 전체 잡음 신호를 출력한다.
- <83>       상기 시간 영역 보상 신호 발생부는 피크 검출부 및 제 3 연산부를 구비한다. 피크 검출부는 상기 시간영역의 전체 잡음 신호로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 검출한다.
- <84>       제 3 연산부는 상기 복조 되기 전의 OFDM 신호로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 감산하여 상기 시간 영역의 보상 신호를 출력한다.
- <85>       OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로는 상기 시간 영역 보상 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 주파수 영역 보상 신호를 발생하는 주파수 영역 보상 신호 발생부를 더 구비할 수 있다.
- <86>       본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 도면에 기재된 내용을 참조하여야 한다.

- <87> 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- <88> 도 4(a)는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로를 나타내는 블록도이다.
- <89> 도 4(a)를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로(40)는 전체 잡음 측정부(45), 임펄스 잡음 추출부(53) 및 보상신호 발생부(61)를 구비한다.
- <90> 전체 잡음 측정부(45)는 복조된 OFDM 신호(R)를 등화(equalize)시킨 등화 신호(REQ)에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 등화 신호(REQ) 및 채널 주파수 응답 신호(H)에 응답하여 전체 잡음 신호(D)를 출력한다.
- <91> 전체 잡음 측정부(45)는 채널 추정부(47), 제 1 연산부(49) 및 제 2 연산부(51)를 구비한다.  $\{ \{ \}^{\{ \} } \}_\{ \}$
- <92> 임펄스 잡음 추출부(53)는 전체 잡음 신호(D)로부터 임펄스 잡음 신호(U)를 추출하여 출력한다. 임펄스 잡음 추출부(53)는 역 푸리에 변환부(55), 피크 검출부(57) 및 푸리에 변환부(59)를 구비한다.
- <93> 보상 신호 발생부(61)는 임펄스 잡음 신호(U)를 수신하고 채널 주파수 응답 신호(H)를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호( $\{ H \}^{-1}$ ) 및 등화 신호(REQ)에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호(RCOM)를 발생한다.
- <94> 보상 신호 발생부(61)는 제 3 연산부(63) 및 제 4 연산부(65)를 구비한다.
- <95> OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로(40)는 복조된 OFDM 신호(R)를 수신하여 등화 신호(REQ) 및 채널 주파수 응답 신호(H)를 발생하는 등화기(43)를 더 구비할 수 있다.

- <96> 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 방법을 설명하는 플로우 차트이다.
- <97> 도 5를 참조하면, OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 방법(70)은 먼저, 복조된 OFDM 신호를 등화(equalize)시킨 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 상기 등화 신호 및 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 전체 잡음 신호를 출력한다.(71 단계)
- <98> 그리고, 상기 전체 잡음 신호로부터 임펄스 잡음 신호를 추출하여 출력한다.(73 단계) 마지막으로, 상기 임펄스 잡음 신호를 수신하고 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호 및 상기 등화 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 발생한다.(75 단계)
- <99> 이하, 도 4(a) 및 도 5를 참조하여 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로의 동작 및 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 방법이 상세히 설명된다.
- <100> OFDM 수신 시스템으로 수신되며 임펄스 잡음에 의해서 왜곡된 OFDM 신호는 하향 변환(down-converted)되고 아날로그 디지털 컨버터(미도시)에 의해서 샘플링 된다. 그리고 보호 구간 제거(guard interval removing) 동작이 수행된 후 푸리에 변환부(41)로 인가된다.
- <101> 푸리에 변환의 결과는 직렬 데이터 및 각각의 부 반송파에 의해서 부호화(encoded)된 파일럿(pilot) 심벌(symbol) 값들이다. 주파수 영역 채널 등화기(43)는 채널 임펄스 응답의 푸리에 변환(DFT) 값인 채널 주파수 응답 신호(H)와 등화 신호(REQ)를 발생한다.
- <102> 왜곡된 OFDM 신호를 수신하여 등화기(43)에서 처리하기까지의 동작을 좀 더 설명한다.

- <103> OFDM 송신 시스템에서 데이터 비트는 위상 이동 키(phase-shift-keying : PSK)나 QAM(Quadrature-Amplitude-Modulation) 과 같은 변조 방식들에 의해서 기저대역 심벌인  $\{ S_k \}$  로 맵핑된다.
- <104> 채널 심벌 구간에서, 각각의 부 반송파 심벌들은 역 푸리에 변환(inverse fast fourier transform)과 디지털-아날로그 전환에 의해서 수학적 식 1과 같은 기저대역 OFDM 신호로 전환된다.
- <105> **【수학적 식 1】** 
$$s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} S_k e^{j2\pi k \Delta f t}, \quad 0 < t < T_s$$
- <106> 여기서 N 은 부반송파의 수이고,  $\Delta f$  는 인접한 부 반송파 사이의 거리(separation)이고,  $T_s$  는 채널 심벌 간격이다.
- <107> 시간 영역에서 하향 전환(down-converted), 아날로그 디지털 전환 및 보호 구간 제거(guard interval removing) 동작이 수행된 기저대역 OFDM 신호는 다음 수학적 식 2로 표시될 수 있다.
- <108> **【수학적 식 2】** 
$$r_k = h_l * s_k + n_k + u_k, \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$
- <109> 여기서,  $\{ S_k \} = s(k T_s / N)$  이고,  $\{ h_l \}$  은 채널 임펄스 응답이고,  $\{ n_k \}$  는 가우스 잡음(additive white gaussian noise : AWGN) 이고,  $\{ u_k \}$  는 임펄스 잡음 간섭이다. 그리고, \*는 컨볼루션(convolution)을 의미한다.
- <110> 임펄스 잡음 간섭은 몇 개의 널 제로 샘플(non-zero samples)들로 구성되지만 임펄스 잡음 간섭의 크기는 가우스 잡음(AWGN)보다 훨씬 크다고 가정한다.

<111> 푸리에 변환 후의  $\{r\}_k$  신호는 다음 수학식 3으로 표시될 수 있다.

<112> 【수학식 3】  $R = H \cdot S + N + U$

<113> 여기서 H 는 채널 임펄스 응답의 이산 푸리에 변환(DFT)이고, S는  $\{S\}_k$  의 이산 푸리에 변환(DFT)이고, N은 가우스 잡음(AWGN)의 이산 푸리에 변환(DFT)이고, U는 임펄스 잡음 간섭의 이산 푸리에 변환(DFT)이다.

<114> "·"는 내적이다. 내적은 벡터들을 곱하는 한가지 방법이다.

<115>  $\{r\}_k$  신호가 등화기(43)에 의하여 등화 동작이 수행되면 등화 신호(REQ)로서 출력되는데 등화 신호(REQ)는 다음 수학식 4로 표시될 수 있다.

<116> 【수학식 4】  $REQ = R \cdot H^{-1} = S + N \cdot H^{-1} + U \cdot H^{-1} = S + (N+U) \cdot H^{-1}$

<117> where,  $H^{-1} = [H_0^{-1}, H_1^{-1}, \dots, H_{N-1}^{-1}]$

<118> 도 4의 푸리에 변환부(41)에 의해서 복조된 OFDM 신호(R)를 등화(equalize)시킨 등화 신호(REQ)에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 등화 신호(REQ) 및 채널 주파수 응답 신호(H)에 응답하여 전체 잡음 신호(D)를 출력하다.(71 단계)

<119> 71단계의 동작은 전체 잡음 측정부(45)에서 수행된다. 등화 신호(REQ)는 전체 잡음 측정부(45)로 인가된다. 등화 신호(REQ)는 전체 잡음 측정부(45)의 채널 추정부(47)로 인가된다.

<120> 채널 추정부(47)는 등화 신호(REQ)에 포함된 부 반송파들에 대응되는 기준 위상과 크기를 찾아 전송된 데이터 비트를 추정하고 추정된 전송 신호를 추정 전송 신호(S)로서 출력한다.

- <121> 임펄스 잡음 억제 회로(40)는 주파수 영역 또는 시간 영역에서 임펄스 잡음에 의한 신호 간섭을 측정하고 등화 신호(REQ)에서 측정된 신호 간섭을 제거함으로써 임펄스 잡음을 억제할 수 있다. 이러한 동작은 다음의 세 가지 스텝에 따라 수행된다.
- <122> 첫째, 부 반송파들은 영("0")으로 되어야만 한다. 예를 들면, DVB-T 신호(유럽 디지털 방송 방식 : Digital Video Broadcasting-Terrestrial)는 2K 모드에서 343개의 영("0")인 부 반송파로 구성되거나 또는 8K 모드에서 1375개의 영("0")인 부 반송파로 구성된다.
- <123> 둘째, 파일럿 신호로 사용되는 부 반송파들은 알려진 값으로 대체되어야 한다. 예를 들면, DVB-T 신호는 2K모드와 8K 모드에서 각각 45와 177의 연속적인 파일럿 신호들을 구비한다. 그리고, 각각의 12번째 부 반송파는 분산 파일럿(scattered pilot)으로 사용된다.
- <124> 셋째, 정보 전송을 위해 사용되는 부 반송파들은 콘스텔레이션 플롯(constellation plot)에서 가장 가까운 위치로 추정(de-mapping)되어야 한다.
- <125> 상기의 세 가지 동작들은 채널 추정부(47)에서 수행된다. 상기 세가지 동작들은 OFDM 수신 시스템에서 사용되는 영("0")인 부 반송파와 파일럿 부 반송파의 수 및 위치에 의존하여 수행된다.
- <126> 만일 OFDM 수신 시스템에서 전방향 에러 보정(forward error correction)을 위한 블록 코드가 사용된다면 상기 전방향 에러 보정 동작도 채널 추정부(47)의 출력인 추정 전송 신호(S)의 측정 성능을 향상시키기 위하여 채널 추정부(47)의 동작에 포함될 것이다.
- <127> 채널 추정부(47)에서 출력된 추정 전송 신호(S)는 주파수 영역 신호이다. 제 1 연산부(49)는 등화 신호(REQ)에서 추정 전송 신호(S)를 감산한다. 그리고, 제 2 연산부(51)는 제 1

연산부(49)의 출력과 채널 주파수 응답 신호(H)를 내적(dot product)하여 임펄스 잡음과 가우스 잡음(White Gaussian Noise)이 섞여있는 전체 잡음 신호(D)를 출력한다.

<128> 전체 잡음 신호(D)는 다음 수학식 5로 표현될 수 있다.

<129> **【수학식 5】**  $D = (REQ - S) \cdot H$

<130> 여기서, D는 가우스 잡음(AWGN)에 의해서 왜곡된 주파수 영역의 전체 잡음 신호(D)이다. 수학식 5는 전체 잡음 추출부(45)의 동작을 수학식으로 표현한 것이다.

<131> 주파수 영역의 전체 잡음 신호(D)는 임펄스 잡음 추출부(53)로 인가된다. 임펄스 잡음 추출부(53)는 전체 잡음 신호(D)로부터 임펄스 잡음 신호(U)를 추출하여 출력한다. 임펄스 잡음 추출부(53)는 역 푸리에 변환부(55), 피크 검출부(57) 및 푸리에 변환부(59)를 구비한다.

<132> 역 푸리에 변환부(55)는 전체 잡음 신호(D)를 역 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)하여 출력한다. 피크 검출부(57)는 역 푸리에 변환부(55)의 출력(d)으로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)를 검출한다.

<133> 임펄스 잡음 추출부(53)의 동작을 좀 더 설명한다.

<134> 주파수 영역의 임펄스 잡음 간섭은 다음 수학식 6으로 표현될 수 있다.

<135> **【수학식 6】**  $U_k = A_{u1} \exp(j \frac{2\pi k t_1}{N}) + A_{u2} \exp(j \frac{2\pi k t_2}{N}) + \dots + A_{uL} \exp(j \frac{2\pi k t_L}{N})$ ,

<136>  $k = 0, 1, \dots, N-1$

- <137> 여기서,  $L$ 은 임펄스 잡음 간섭 의해서 왜곡된 OFDM 심벌들 중에서 샘플들의 수이고,  $\{ t_{\{1\}} \}$ ,  $\{ t_{\{2\}} \}$ , ...,  $\{ t_{\{L\}} \}$  은 상기 샘플들의 위치를 나타내며,  $\{ A_{\{1\}} \}$ ,  $\{ A_{\{2\}} \}$ , ...,  $\{ A_{\{L\}} \}$  은 상기 샘플들의 복소수 크기(complex amplitude)이다.
- <138> 임펄스 잡음 샘플을 검출하고 측정하기 위하여, 시간 영역에서의 임펄스 잡음의 크기는 배경 잡음의 크기보다 훨씬 더 크다는 원리를 이용할 수 있다. 여기서, 배경 잡음은 가우스 잡음을 가지고 있다고 가정할 수 있으며, 따라서 임펄스 잡음에 의해서 쉽게 초과되는 어떠한 임계 값이 선택될 수 있고, 상기 임계 값을 초과하는 샘플들이 임펄스 잡음으로서 선택될 수 있다.
- <139> 상기와 같은 원리에 의해서 임펄스 잡음 간섭의 파라미터들( $L$ ,  $\{ t_{\{1\}} \}$ ,  $\{ t_{\{2\}} \}$ , ...,  $\{ t_{\{L\}} \}$ ,  $\{ A_{\{1\}} \}$ ,  $\{ A_{\{2\}} \}$ , ...,  $\{ A_{\{L\}} \}$ ) 및 주파수 영역의 임펄스 잡음 신호( $U$ )를 구하는 동작이 임펄스 잡음 추출부(53)에서 수행된다.
- <140> 먼저, 역 푸리에 변환부(55)는 전체 잡음 신호( $D$ )를 역 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)하여 시간 영역의 전체 잡음 신호( $d$ )로서 출력한다. 시간 영역의 전체 잡음 신호( $d$ )는  $d = [ \{ d_{\{0\}} \}, \{ d_{\{1\}} \}, \dots, \{ d_{\{N-1\}} \} ]$ 로 표시된다.
- <141> 시간 영역의 전체 잡음 신호( $d$ )는 여러 위치( $\{ t_{\{1\}} \}$ ,  $\{ t_{\{2\}} \}$ , ...,  $\{ t_{\{L\}} \}$ )에 있는 가우스 잡음과 큰 크기의 임펄스 잡음들로 구성된다. 배경 잡음으로부터 임펄스 잡음을 구별하기 위하여 시간 영역의 전체 잡음 신호( $d$ )의 분산을 다음 수학식 7에 의하여 구한다.

<142> **【수학식 7】** 
$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |d_k|^2$$



<143> 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)는 시간 영역의 전체 잡음 신호(d)를 수신하는 피크 검출부(57)에 의해서 측정되는데 이는 다음 수학적 식 8로 표현될 수 있다.

<144> **【수학적 식 8】**

$$u_k = \begin{cases} d_k, & \text{if } |d_k|^2 > C \sigma^2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, k = 0, 1, \dots, N-1$$

<145> 여기서 C는 오류 검출의 가능성에 대응되는 임계 값이다.

<146> 푸리에 변환부(59)는 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)를 푸리에 변환하여 주파수 영역의 임펄스 잡음 신호(U)로서 출력한다.

<147> 보상 신호 발생부(61)는 임펄스 잡음 신호(U)를 수신하고 채널 주파수 응답 신호(H)를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호(  $\{H\}^{-1}$  ) 및 등화 신호(REQ)에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호(RCOM)를 발생한다. 보상 신호 발생부(61)는 제 3 연산부(63) 및 제 4 연산부(65)를 구비한다.

<148> 제 3 연산부(63)는 임펄스 잡음 신호(U)와 역 채널 주파수 응답 신호(  $\{H\}^{-1}$  )를 내적(dot product)하여 그 결과를 출력한다. 제 4 연산부(65)는 등화 신호(REQ)에서 제 3 연산부(63)의 출력을 감산하고 그 결과를 보상 신호(RCOM)로서 출력한다.

<149> 보상 신호 발생부(61)는 역 변환부(67), 제 1 지연부(69) 및 제 2 지연부(71)를 더 구비한다. 역 변환부(67)는 채널 주파수 응답 신호(H)를 역변환(Inverse Transform)하여 역 채널 주파수 응답 신호(  $\{H\}^{-1}$  )를 발생한다.

<150> 제 1 지연부(69)는 등화 신호(REQ)를 일정한 시간만큼 지연시킨다. 제 2 지연부(71)는 역 채널 주파수 응답 신호(  $\{H\}^{-1}$  )를 일정한 시간만큼 지연시킨다. 제 1 지연부(69) 및

제 2 지연부(71)의 실제 지연량은 전체 잡음 측정부(45), 임펄스 잡음 추출부(53), 제 3 연산부(63) 및 제 4 연산부(65)에서의 신호 처리 시간을 고려해서 정해진다.

<151> 역 변환부(67)에서 출력되는 역 채널 주파수 응답 신호(  $\{ H \}^{-1}$  )는  $H^{-1} = H_0^{-1}, H_1^{-1}, H_2^{-1}, \dots, H_{L-1}^{-1}$ 로 표시될 수 있다.

<152> 보상 신호 발생부(61)의 동작을 좀 더 설명한다.

<153> 제 3 연산부(63)와 제 4 연산부(65)의 동작은 다음 수학식 9에 의해서 수행된다.

<154> **【수학식 9】**  $R_{COM} = R_{EQ} - U \cdot H^{-1}$

<155> 실제 하드웨어 구현에 있어서,  $U \cdot H^{-1}$ 의 계산은 푸리에 변환의 수행에 의하여 시간지연이 발생할 수 있다. 그러나 이러한 시간 지연은 제 1 및 제 2 지연부(69, 71)에 의해서 보상될 수 있다. 다음 신호 처리를 위하여 출력된다.

<156> 도 4(b)는 도 4(a)의 임펄스 잡음 억제 회로의 다른 실시예를 설명하는 블록도이다.

<157> 도 4(b)의 등화기(43)는 도 4(a)의 등화기(43)와 달리 역 채널 주파수 응답 신호(  $\{ H \}^{-1}$  )를 발생한다. 도 4(b)의 등화기(43)가 역 채널 주파수 응답 신호(  $\{ H \}^{-1}$  )를 발생하도록 등화기(43)의 내부 회로를 구성하는 것은 당업자라면 용이하게 이해할 수 있으므로 등화기(43)의 내부회로에 대해서는 상세한 설명을 생략한다.

<158> 도 4(b)의 등화기(43)가 역 채널 주파수 응답 신호(  $\{ H \}^{-1}$  )를 발생하므로 도 4(b)의 전체 잡음 측정부(45)는 역 채널 주파수 응답 신호(  $\{ H \}^{-1}$  )를 역변환 하는 역변환부(50)를 구비한다. 이 점에서 도 4(b)의 전체 잡음 측정부(45)는 도 4(a)의 전체 잡음 측정부(45)와 차이가 있다.

- <159> 또한 도 4(b)의 보상신호 발생부(61)는 도 4(a)의 역변환부(67)를 구비하지 않는다는 점에서 도 4(a)의 보상 신호 발생부(61)와 차이가 있다.
- <160> 도 4(c)는 도 4(a)의 임펄스 잡음 억제 회로의 또 다른 실시예를 설명하는 블록도이다.
- <161> 도 4(c)의 등화기(43)는 도 4(a)의 등화기(43)와 달리 채널 주파수 응답 신호(H) 및 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 모두 발생한다. 도 4(c)의 등화기(43)가 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 발생하도록 등화기(43)의 내부 회로를 구성하는 것은 당업자라면 용이하게 이해할 수 있으므로 등화기(43)의 내부회로에 대해서는 상세한 설명을 생략한다.
- <162> 도 4(c)의 전체 잡음 측정부(45)의 제 2 연산부(51)는 채널 주파수 응답 신호(H)를 직접 수신하고 도 4(c)의 보상신호 발생부(61)의 제 2 지연부(71)는 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 직접 수신한다.
- <163> 도 4(c)의 등화기(43)가 채널 주파수 응답 신호(H) 및 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 모두 발생함으로써 임펄스 잡음 억제 회로(40c)는 구성요소(도 4(a)의 보상 신호 발생부(61)의 역 변환부(67))의 수를 줄일 수 있다.
- <164> 도 4(a) 내지 도 4(c)에서 알 수 있듯이, 등화기(43)가 출력하는 채널 주파수 응답 신호(H) 및/또는 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )에 따라서 본 발명의 실시예에 따른 임펄스 잡음 억제 회로(40a, 40b, 40c)는 다양하게 변형될 수 있다.
- <165> 도 4(d)는 도 4(a)내지 도 4(c)의 임펄스 잡음 억제 회로를 간략화한 블록도이다.
- <166> 도 4(d)를 참조하면, 전체 잡음 측정부(45), 임펄스 잡음 추출부(53) 및 보상신호 발생부(61)가 임펄스 잡음 억제 회로(44)로서 도시되어 있다.

- <167> 도 4(e)는 도 4(d)의 임펄스 잡음 억제 회로를 구비하는 OFDM 수신 시스템을 설명하는 블록도이다.
- <168> 도 4(e)의 OFDM 수신 시스템(40e)은 도 4(a) 내지 도 4(d)의 구조를 가지는 등화기(43)와 임펄스 잡음 억제 회로(44)를 구비한다. 본 발명의 실시예에 따른 등화기(43)와 임펄스 잡음 억제 회로(44)의 동작은 이미 설명된 바 있으므로 도 4(e)의 OFDM 수신 시스템(40e)의 동작 설명은 생략한다.
- <169> 도 6은 일반적인 OFDM 수신 시스템에 있어서, 가우스 잡음, 임펄스 잡음 간섭, 하향 변환 및 아날로그-디지털 변환된 수신 신호를 설명하는 도면이다.
- <170> 도 6의 도면은 2048개의 부 반송파 및 171 파일럿 톤을 가진 64-QAM OFDM 시스템에서 시뮬레이션 된 것이다. 파일럿 부 반송파들은 주파수 영역에서 균일한 간격을 유지한다. 즉, 각각 12번째 부 반송파들은 파일럿 신호이다.
- <171> 도 6에 도시된 각각의 신호들을 명확히 나타내기 위해서 신호가 전송되는 채널은 다중 패스가 아닌 단일 패스 채널인 것으로 가정한다. 즉,  $H = [1, 1, \dots, 1]$ 인 경우이다. 임펄스 잡음을 표시하는 도면(세 번째 도면)과 배경 잡음(가우스 잡음)을 표시하는 도면(두 번째 도면)을 보면 임펄스 잡음의 크기가 훨씬 더 큰 것을 알 수 있다.
- <172> 그러나, 종래의 시간 영역 클리핑 방법에 의한다면 OFDM신호의 피크 값으로부터 임펄스 잡음을 구별하는 것이 불가능하다는 것을 도 6으로부터 명백히 알 수 있다.
- <173> 도 7은 도 4의 본 발명에 있어서 시간 영역의 전체 잡음 신호 및 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 설명하는 도면이다.

- <174> 도 7의 두 번째 도면으로부터 2개의 피크 값으로 구성되는 전체 잡음 신호는 임계 값( $C_{\sigma}$ )보다 매우 큰 것을 알 수 있다. 도 7의 세 번째 도면으로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호( $u$ )는 배경 잡음에 기인한 작은 에러를 제외하고는 도 6의 본래의 임펄스 잡음과 거의 동일한 것을 알 수 있다.
- <175> 도 4의 구조와 같은 임펄스 잡음 억제 회로(40)에 의해서 OFDM 수신 시스템으로 수신되는 임펄스 잡음에 의해서 왜곡된 신호가 임펄스 잡음이 제거된 신호로 전환될 수 있다.
- <176> 도 8은 도 4(a)내지 도 4(c)의 임펄스 잡음 억제 회로가 복수 개 연결된 멀티 스테이지(multi stage) 임펄스 잡음 억제 회로를 설명하는 블록도이다.
- <177> 도 8을 참조하면, 멀티 스테이지 임펄스 잡음 억제 회로(80)는 전송된 OFDM 신호( $\{r\}_k$ )를 복조하기 위한 초기 푸리에 변환부(81), 초기 푸리에 변환부(81)에서 출력된 신호를 등화시킨 등화 신호(REQ) 및 채널 주파수 응답 신호(H)를 발생하는 등화기(83) 및 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로(85, 87, 91)를 구비한다.
- <178> 임펄스 잡음 억제 회로(85, 87, 91)는 등화 신호(REQ) 및 채널 주파수 응답 신호(H)에 응답하여 등화 신호(REQ)에 포함된 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호(RCOM)를 출력한다. 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로(85, 87, 91)는 직렬 연결된다.
- <179> 등화기(83)는 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 출력하거나 또는 채널 주파수 응답 신호(H)와 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 함께 출력할 수 있다. 이 경우 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로(85, 87, 91)는 도 4(a) 내지 도 4(c) 중 하나의 구조를 가질 수 있다.

- <180> 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로들(85, 87, 91)은 도 4(a)의 전체 잡음 측정부(45), 임펄스 잡음 추출부(53) 및 보상 신호 발생부(61)와 동일한 회로들을 구비한다. 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로들(85, 87, 91)의 동작은 도 4(a)에서 이미 설명되었으므로 도 8의 멀티 스테이지 임펄스 잡음 억제 회로(80)의 동작에 대한 상세한 설명은 생략된다.
- <181> 도 9(a)는 본 발명의 다른 실시예에 따른 OFDM 수신 시스템을 설명하는 블록도이다.
- <182> 도 9(a)를 참조하면, OFDM 수신 시스템(90a)은 복조 및 임펄스 잡음 추출부(91), 등화기(109), 전체 잡음 측정부(111) 및 보상 신호 발생부(119)를 구비한다.
- <183> 복조 및 임펄스 잡음 추출부(91)는 OFDM 신호(  $\{ r \}_k$  )를 수신하여 복조하고, 소정의 전체 잡음 신호(D)로부터 임펄스 잡음 신호(U)를 추출하여 출력한다. 복조 및 임펄스 잡음 추출부(91)는 멀티플렉서(93), 푸리에 변환부(95), 디멀티플렉서(97), 역 푸리에 변환부(99) 및 피크 검출부(107)를 구비한다.
- <184> 멀티플렉서(93)는 제어 신호(CTRLS)에 응답하여 제 1 내지 제 3 입력 모드 신호(IMS1, IMS2, IMS3)중 하나를 출력한다. 푸리에 변환부(95)는 멀티플렉서(93)의 출력을 수신하여 푸리에 변환한다.
- <185> 디멀티플렉서(97)는 제어 신호(CTRLS)에 응답하여 푸리에 변환부(95)의 출력을 제 1 내지 제 3 출력 모드 신호(OMS1, OMS2, OMS3)중 하나로서 출력한다. 역 푸리에 변환부(99)는 푸리에 변환부(95)와 연계되어 전체 잡음 신호(D)를 역 푸리에 변환한다.
- <186> 피크 검출부(107)는 역 푸리에 변환부(99)의 출력으로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)를 검출하고 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)를 제 3 입력 모드 신호(IMS3)로서 출력한다.

<187> 제 1 입력 모드 신호(IMS1)는 OFDM 신호(  $\{ r \}_k$  )이고 제 1 출력 모드 신호(OMS1)는 OFDM 신호가 복조된 신호이고, 제 3 출력 모드 신호(OMS3)는 주파수 영역의 임펄스 잡음 신호(U)이다.

<188> 도 9(a)의 OFDM 수신 시스템(90a)은 푸리에 연산으로 인한 시간 지연을 감소시킬 수 있다. 즉, 도 8의 OFDM 수신 시스템(80)과 같이 복수의 임펄스 잡음 억제 회로(85, 87, 91)를 사용하면 하나의 임펄스 잡음 억제 회로마다 하나의 푸리에 변환 블록과 역 푸리에 변환 블록이 필요하다.

<189> 그러나 푸리에 변환 및 역 푸리에 변환의 횟수가 증가될수록 OFDM 수신 시스템의 복잡성은 증가된다. 도 9(a)의 OFDM 수신 시스템(90a)은 하나의 푸리에 변환 블록을 이용하여 여러 번의 푸리에 변환을 수행할 수 있다.

<190> 도 9(a)의 OFDM 수신 시스템(90a) 역 푸리에 변환이 다음 수학식 10의 성질을 가진다는 것을 이용한 것이다.

<191> **【수학식 10】** 
$$\text{IFFT}(x) = \frac{1}{N} [\text{FFT}(x^*)]^*$$

<192> 도 9(a)의 OFDM 수신 시스템(90a)은 도 4의 회로(40)와 동일한 동작을 수행한다. 도 9(a)의 OFDM 수신 시스템(90a)은 세 가지 단계로 동작된다. 세 가지 단계는 각각 멀티플렉서(93)와 디멀티플렉서(97)의 제 1 내지 제 3 입력 모드 신호(IMS1, IMS2, IMS3)와 제 1 내지 제 3 출력 모드 신호(OMS1, OMS2, OMS3)에 대응된다.

<193> 첫 번째 단계에서 제어 신호(CTRLS)에 응답하여 멀티플렉서(93)는 제 1 입력 모드 신호(IMS1)를 수신하고 디멀티플렉서(97)는 제 1 출력 모드 신호를 출력한다. 첫 번째 단계에서 OFDM 신호(  $\{ r \}_k$  )는 제 1 입력 모드 신호(IMS1)로서 멀티플렉서(93)로 입력되고 푸리에

변환부(95)에 의하여 복조되어 그 결과가 디멀티플렉서(97)에서 제 1 출력 모드 신호(OMS1)로서 출력된다.

<194> 제 1 출력 모드 신호(OMS1)는 등화기(109)로 입력된다. 첫 번째 단계는 OFDM 신호(  $\{r\}_k$  )가 도 4(a)의 푸리에 변환부(41)에 의해서 변환되어 등화기(43)로 입력되는 동작에 대응된다.

<195> 등화기(109)는 채널 주파수 응답 신호(H) 및 등화 신호(REQ)를 발생한다.

<196> 두 번째 단계에서 제어 신호(CTRLS)에 응답하여 멀티플렉서(93)는 제 2 입력 모드 신호(IMS2)를 수신하고 디멀티플렉서(97)는 제 2 출력 모드 신호를 출력한다. 두 번째 단계에서 전체 잡음 신호(D)는 제 1 콘주게이트 블록(101)을 통과하여 제 2 입력 모드 신호(IMS2)로서 멀티플렉서(93)로 입력된다.

<197> 그리고, 푸리에 변환부(95)에 의해서 변환된 후 디멀티플렉서(97)에 의해서 제 2 출력 모드 신호(OMS2)로서 출력된다.

<198> 세 번째 단계에서 제어 신호(CTRLS)에 응답하여 멀티플렉서(93)는 제 3 입력 모드 신호(IMS3)를 수신하고 디멀티플렉서(97)는 제 3 출력 모드 신호를 출력한다.

<199> 제 2 출력 모드 신호(OMS2)는 제 2 콘주게이트 블록(103) 및 곱셈부(105)에 의해서 시간 영역의 전체 잡음 신호(d)로서 변환되어 피크 검출부(107)로 인가된다. 시간 영역의 전체 잡음 신호(d)는 피크 검출부(107)에 의해서 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)로 변환된다.

<200> 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)는 제 3 입력 모드 신호(IMS3)로서 멀티플렉서(93)로 입력되고 푸리에 변환부(95)에 의하여 변환되어 그 결과가 디멀티플렉서(97)에서 제 3 출력 모



드 신호(OMS3)로서 출력된다. 결국, 제 3 출력 모드 신호(OMS3)는 주파수 영역의 임펄스 잡음 신호(U)가 된다.

<201> 세 번째 단계는 전체 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)가 도 4(a)의 푸리에 변환부(59)에 의해서 변환되어 주파수 영역의 임펄스 잡음 신호(U)로서 출력되는 동작에 대응된다.

<202> 세 단계의 동작 모두가 다음 OFDM 신호(  $\{ r \}_k$  )가 수신되기 전에 수행되어야 한다. 따라서 푸리에 변환부(95)의 동작 속도는 도 4(a)의 푸리에 변환부(59)나 역 푸리에 변환부(55)의 동작 속도보다 적어도 3배 이상 빨라야 한다.

<203> 그러나, 만일 푸리에 변환부(95)에 의해서 발생된 지연 시간은 제 1 지연부(127) 및 제 2 지연부(129)에 의해서 보상될 수 있다. 도 9(a)의 OFDM 수신 시스템(90a)은 도 8과 같이 멀티 스테이지로 사용될 수도 있을 것이다. 만일 도 9(a)의 OFDM 수신 시스템(90a)이 M 개의 멀티 스테이지로 사용된다면 푸리에 변환부(95)의 동작 속도는 도 4의 푸리에 변환부(59)의 동작 속도보다  $2M+1$ 배 이상 빨라야 할 것이다.

<204> 등화기(109), 전체 잡음 측정부(111) 및 보상 신호 발생부(119)의 동작은 도 4의 대응되는 회로들의 동작과 동일하므로 상세한 설명을 생략한다.

<205> 도 9(b)는 도 9(a)의 임펄스 잡음 억제 회로를 간략화 한 블록도이다.

<206> 등화기(109)를 제외한 복조 및 임펄스 잡음 추출부(91), 전체 잡음 측정부(111) 및 보상 신호 발생부(119)가 FFT 재사용 임펄스 잡음 억제 회로(122)로서 표시되어 있다.

<207> 도 9(a)에는 등화기(109)가 채널 주파수 응답 신호(H)를 출력하는 것만이 도시되어 있으나, 등화기(109)는 도 4(a) 내지 도 4(e)에서와 마찬가지로 채널 주파수 응답 신호(H) 및/또는 역 채널 주파수 응답 신호(  $\{ H \}^{-1}$  )를 출력할 수 있다.

- <208> 등화기(109)의 출력에 따라서 전체 잡음 측정부(111) 및 보상 신호 발생부 (119)의 회로 구성이 조금씩 달라질 수 있다. 이러한 회로 변경에 따른 동작은 도 4(a) 내지 도 4(e)에서 설명된 바 있으므로 상세한 설명은 생략한다.
- <209> 도 9(c)는 도 9(b)의 임펄스 잡음 억제 회로를 구비하는 OFDM 수신 시스템을 설명하는 블록도이다.
- <210> 도 9(c)의 OFDM 수신 시스템(90c)은 도 9(b)의 구조를 가지는 등화기(109)와 FFT 재사용 임펄스 잡음 억제 회로(122)를 구비한다. 본 발명의 실시예에 따른 등화기(109)와 FFT 재사용 임펄스 잡음 억제 회로(130a)의 동작은 이미 설명된 바 있으므로 도 9(c)의 OFDM 수신 시스템(90c)의 동작 설명은 생략한다.
- <211> 도 9(d)는 도 9(a)의 임펄스 잡음 억제 회로를 이용한 멀티 스테이지(multi stage) 임펄스 잡음 억제 회로를 설명하는 블록도이다.
- <212> 도 9(d)의 멀티 스테이지 임펄스 잡음 억제 회로(90d)는 보상 신호 발생부(119)의 구조가 도 9(a)의 보상 신호 발생부(119)의 구조와 다르다. 즉, 도 9(d)의 보상 신호 발생부(119)는 스위치(SW)와 제 3 지연부(128)를 더 구비한다.
- <213> 스위치(SW)는 선택 신호(SEL)에 응답하여 등화기(109)에서 출력되는 등화 신호(REQ)를 선택하거나 또는 피드백 되는 보상 신호(RCOM)를 선택하여 제 1 지연부(127)로 출력한다. 제 3 지연부(128)는 피드백 되는 보상 신호(RCOM)를 일정한 시간동안 지연시킨다.
- <214> 도 9(d)의 멀티 스테이지 임펄스 잡음 억제 회로(90d)의 동작을 좀 더 설명한다.

- <215> 복조 및 임펄스 잡음 추출부(91), 등화기(109), 전체 잡음 측정부(111) 및 보상 신호 발생부(119)에 의해서 일단 보상 신호(RCOM)가 발생된다. 이때 스위치(SW)는 선택 신호(SEL)에 의해서 등화 신호(REQ)를 선택하여 제 1 지연부(127)로 전달한다.
- <216> 보상 신호(RCOM)가 일단 발생되면 그 다음부터 스위치(SW)는 피드백 되는 보상 신호(RCOM)를 선택하여 제 1 지연부(127)로 전송한다. 이와 같은 동작에 의해서 보상 신호 발생부(119)는 새로운 보상 신호(RCOM)를 출력한다.
- <217> 도 9(d)의 멀티 스테이지 임펄스 잡음 억제 회로(90d)는 도 8의 멀티 스테이지 임펄스 잡음 억제 회로(80)와 마찬가지로 멀티 스테이지를 구현한 것이다. 즉, 도 9(d)의 멀티 스테이지 임펄스 잡음 억제 회로(90d) 구조는 일단 보상 신호(RCOM)가 발생되면 발생된 보상 신호(RCOM)를 피드백 하여 다시 보상 신호(RCOM)를 발생한다.
- <218> 처음 단계에서 등화기(109)를 이용하여 보상 신호(RCOM)가 발생된 후, 다음 단계부터는 보상 신호(RCOM)를 발생하기 위해서 등화기(109)는 다시 이용되지 아니한다.
- <219> 도 9(e)는 도 9(d)의 멀티 스테이지 임펄스 잡음 억제 회로를 간략화 한 블록도이다.
- <220> 도 9(e)를 참조하면, 도 9(d)의 등화기(109)를 제외한 복조 및 임펄스 잡음 추출부(91), 전체 잡음 측정부(111) 및 보상 신호 발생부(119)가 FFT 재사용 임펄스 잡음 억제 회로(124)로서 표시되어 있다.
- <221> 도 9(d)에는 등화기(109)가 채널 주파수 응답 신호(H)를 출력하는 것만이 도시되어 있으나, 등화기(109)는 도 4(a) 내지 도 4(e)에서와 마찬가지로 채널 주파수 응답 신호(H) 및/또는 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 출력할 수 있다.

- <222> 등화기(109)의 출력에 따라서 전체 잡음 측정부(111) 및 보상 신호 발생부 (119)의 회로 구성이 조금씩 달라질 수 있다. 이러한 회로 변경에 따른 동작은 도 4(a) 내지 도 4(e)에서 설명된 바 있으므로 상세한 설명은 생략한다.
- <223> 도 10(a)는 본 발명의 다른 실시예에 따른 시간 영역의 임펄스 잡음 억제 회로를 설명하는 블록도이다.
- <224> 도 10(a)를 참조하면, 시간 영역의 임펄스 잡음 억제 회로(130a)는 전체 잡음 측정부 (135) 및 시간 영역 보상 신호 발생부(145)를 구비한다.
- <225> 전체 잡음 측정부(135)는 복조된 OFDM 신호(R)를 등화(equalize)시킨 등화 신호(REQ)에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 복조 되기 전의 OFDM 신호(  $\{ r \}_k$  ) 및 채널 주파수 응답 신호(H)에 응답하여 시간 영역의 전체 잡음 신호(d)를 출력한다.
- <226> 시간 영역 보상 신호 발생부(145)는 시간 영역의 전체 잡음 신호(d)로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)를 추출하고 복조 되기 전의 OFDM 신호(  $\{ r \}_k$  )에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 시간영역의 보상 신호(rcom)를 출력한다.
- <227> 시간 영역의 보상 신호(rcom)는 다음 수학식 11에 의해서 얻어진다.
- <228> 【수학식 11】  $r_{com} = r_k - u_k, k= 0,1,\dots,N-1$
- <229> 그리고, 시간 영역의 전체 잡음 신호(d)는 다음 수학식 12에 의해서 얻어진다.
- <230> 【수학식 12】  $d_k = r_k - s_k * h_l = r_k - \text{IDFT}(S \circ H), k= 0,1,\dots,N-1$
- <231> 여기서,  $\{ h \}_l$  은 채널 임펄스 응답이고 \*은 컨볼루션을 의미한다.

- <232> 도 10(a)를 참조하면, 등화 신호(REQ)는 채널 추정부(137)로 인가된다. 채널 추정부(137)는 등화 신호(REQ)에 포함된 부 반송파들에 대응되는 기준 위상과 크기를 찾아 전송된 데이터 비트를 추정하고 추정된 전송 신호를 추정 전송 신호(S)로 출력한다.
- <233> 추정 전송 신호(S)는 도 4의 회로(40)에서처럼 등화 신호(REQ)로부터 감산되지 않는다. 대신 수학식 12의 연산을 수행하기 위하여 제 1 연산부(139)로 입력된다. 제 1 연산부(139)는 채널 주파수 응답 신호(H)와 추정 전송 신호(S)를 내적(dot product)한다.
- <234> 역 푸리에 변환부(141)는 제 1 연산부(139)의 출력을 역 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)하여 출력한다. 제 2 연산부(143)는 복조 되기 전의 OFDM 신호( $\{r\}_k$ )로부터 역 푸리에 변환부(141)의 출력을 감산하여 임펄스 잡음과 가우스 잡음(White Gaussian Noise)이 섞여있는 시간 영역의 전체 잡음 신호(d)를 출력한다. 지연부(161)는 역 푸리에 변환부(141)의 동작에 의한 시간 지연을 보상한다.
- <235> 시간 영역 보상 신호 발생부(145)는 피크 검출부(147) 및 제 3 연산부(149)를 구비한다. 피크 검출부(147)는 시간 영역의 전체 잡음 신호(d)로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)를 검출한다. 제 3 연산부(149)는 복조 되기 전의 OFDM 신호( $\{r\}_k$ )로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호(u)를 감산하여 시간 영역의 보상 신호(rcom)를 출력한다.
- <236> 시간 영역의 임펄스 잡음 억제 회로(130a)는 주파수 영역 보상 신호 발생부(151)를 더 구비할 수 있다. 주파수 영역 보상 신호 발생부(151)는 시간 영역 보상 신호(rcom) 및 채널 주파수 응답 신호(H)를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )에 응답하여 주파수 영역 보상 신호(RCOM)를 발생한다.

- <237> 주파수 영역 보상 신호 발생부(151)는 푸리에 변환부(153), 역 변환부(155) 및 제 4 연산부(157)를 구비한다. 역 변환부(155)는 채널 주파수 응답 신호(H)를 역변환(Inverse Transform)하여 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 발생한다.
- <238> 시간 영역 보상 신호(rcom)는 푸리에 변환부(153)로 인가되어 푸리에 변환된다. 그리고, 푸리에 변환부(153)의 출력은 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )와 제 4 연산부(157)에서 내적되어 주파수 영역 보상 신호(RCOM)로서 발생된다. 주파수 영역 보상 신호(RCOM)는 외부로 출력되어 처리된다.
- <239> 수학적으로는 도 4의 임펄스 잡음 억제 회로(40)와 도 10(a)의 임펄스 잡음 억제 회로(130a)는 동일한 동작을 수행한다. 따라서 어떠한 회로를 선택하는가는 하드웨어 구성을 어떻게 하는가에 달려있다.
- <240> 도 10(a)의 시간 영역 임펄스 잡음 억제 회로(130a)도 도 9(a)와 같이 FFT를 재 사용하는 구조로 변경할 수 있다. 이러한 변경은 당업자라면 용이하게 수행할 수 있으므로 상세한 설명은 생략한다.
- <241> 도 10(b)는 도 10(a)의 임펄스 잡음 억제 회로를 간략화 한 블록도이다.
- <242> 등화기(133)를 제외한 전체 잡음 측정부(135), 시간 영역 보상 신호 발생부(145) 및 주파수 영역 보상 신호 발생부(151)가 임펄스 잡음 억제 회로(163)로서 표시되어 있다.
- <243> 도 10(a)에는 등화기(133)가 채널 주파수 응답 신호(H)를 출력하는 것만이 도시되어 있으나, 등화기(133)는 도 4(a) 내지 도 4(e)에서와 마찬가지로 채널 주파수 응답 신호(H) 및/또는 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 출력할 수 있다.

- <244> 등화기(133)의 출력에 따라서 전체 잡음 측정부(135) 및 주파수 영역 보상 신호 발생부(151)의 회로 구성이 조금씩 달라질 수 있다. 이러한 회로 변경에 따른 동작은 도 4(a) 내지 도 4(e)에서 설명된 바 있으므로 상세한 설명은 생략한다.
- <245> 도 10(c)는 도 10(b)의 임펄스 잡음 억제 회로를 구비하는 OFDM 수신 시스템을 설명하는 블록도이다.
- <246> 도 10(c)의 OFDM 수신 시스템(130c)은 도 10(b)의 등화기(133)와 임펄스 잡음 억제 회로(163)를 구비한다. 본 발명의 실시예에 따른 등화기(133)와 임펄스 잡음 억제 회로(163)의 동작은 이미 설명된 바 있으므로 도 10(c)의 OFDM 수신 시스템(130c)의 동작 설명은 생략한다.
- <247> 도 10(d)는 도 10(a)의 시간 영역의 임펄스 잡음 억제 회로가 복수 개 연결된 멀티 스테이지(multi stage) 임펄스 잡음 억제 회로를 설명하는 블록도이다.
- <248> 도 10(d)를 참조하면, 멀티 스테이지 임펄스 잡음 억제 회로(130d)는 전송된 OFDM 신호( $\{r\}_k$ )를 복조하기 위한 초기 푸리에 변환부(131), 초기 푸리에 변환부(131)에서 출력된 신호를 등화시킨 등화 신호(REQ) 및 채널 주파수 응답 신호(H)를 발생하는 등화기(133) 및 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로(163, 163-1, 163-2)를 구비한다.
- <249> 임펄스 잡음 억제 회로(163, 163-1, 163-2)는 등화 신호(REQ) 및 채널 주파수 응답 신호(H)에 응답하여 등화 신호(REQ)에 포함된 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호(RCOM1, RCOM2, RCOMn)를 출력한다. 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로(163, 163-1, 163-2)는 직렬 연결된다.
- <250> 등화기(133)는 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 출력하거나 또는 채널 주파수 응답 신호(H)와 역 채널 주파수 응답 신호( $\{H\}^{-1}$ )를 함께 출력할 수 있다. 이 경우 복

수개의 임펄스 잡음 억제 회로(163, 163-1, 163-2)의 구조는 도 4(a)내지 도 4(C)와 마찬가지로 변경될 것이다.

<251> 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로들(163, 163-1, 163-2)은 도 10(a)의 전체 잡음 측정부(135), 시간 영역 보상 신호 발생부(145) 및 주파수 영역 보상 신호 발생부(151)와 동일한 회로들을 구비한다. 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로들(163, 163-1, 163-2)의 동작은 도 10(a)에서 이미 설명되었으므로 도 10(d)의 멀티 스테이지 임펄스 잡음 억제 회로(130d)의 동작에 대한 상세한 설명은 생략된다.

<252> 도 10(e)는 도 10(c)의 OFDM 수신 시스템이 클리핑 회로를 더 구비하는 것을 설명하는 블록도이다.

<253> 도 10(e)의 OFDM 수신 시스템(130(e))은 도 10(c)의 OFDM 수신 시스템(130(c))과 비교할 때 클리핑 회로(16)를 더 구비한다는 점에서 차이가 있다. 클리핑 회로(16)는 고정된 임계 클리핑 값을 사용하여 클리핑을 수행한다. 또는 앞서 설명된 "클리핑 및 제로잉(clipping and zeroing)"을 수행할 수 도 있다.

<254> 도 11은 클리핑 왜곡에 의한 임펄스 특성을 설명하는 도면이다.

<255> 임펄스 잡음의 크기가 커질수록 본 발명의 임펄스 잡음 억제 회로 및 방법의 성능은 감소된다. 이러한 경우 채널 추정 방법은 신뢰성이 감소되고 측정된 임펄스 잡음은 실제의 임펄스 잡음과 많이 달라진다.

<256> 이 경우 복조 동작이 수행되기 전에 앞서 설명된 시간 영역의 클리핑 방법을 이용하는 것이 본 발명의 성능을 향상시키는데 도움이 될 수 있다. 시간 영역의 클리핑 방법은 또 다른



신호 왜곡을 발생시키지만 본 발명의 임펄스 잡음 억제 회로 및 방법은 이러한 신호 왜곡을 제거할 수 있다.

<257> 도 11을 참조하면, 첫 번째 그림이 OFDM 수신 시스템으로 수신되는 본래의 신호 파형이고 두 번째 그림이 시간 영역의 클리핑 방법에 의해서 클리핑 된 파형이며 세 번째 그림이 본래의 신호 파형과 클리핑 된 파형의 차이를 나타내는 그림이다.

<258> 도 11의 시뮬레이션 결과는 2048개의 부 반송파들과 171 파일럿 신호들을 구비하는 64-QAM OFDM 신호를 7dB로 클리핑 하는 조건에서 얻어진 것이다.

<259> 도 12는 가우스 잡음(AWGN) 채널상에서 "클리핑 및 제로잉" 방법과 본 발명에 따른 방법에 의해 시뮬레이션 한 결과를 설명하는 도면이다.

<260> 도 13은 정적 랠리 채널(static Rayleigh channel) 상에서 "클리핑 및 제로잉" 방법과 본 발명에 따른 방법에 의해 시뮬레이션 한 결과를 설명하는 도면이다.

<261> 도 12 및 도 13의 시뮬레이션 결과는 2048개의 부 반송파들과 171 파일럿 신호들을 구비하는 64-QAM OFDM 신호 조건에서 얻어진 것이다.(파일럿 부 반송파들은 주파수 영역에서 균일한 간격으로 배치된다. 즉, 각각 12번째의 부 반송파들이 파일럿으로 사용된다.)

<262> 도 12는 단일 경로 채널 상에서 시뮬레이션 된 결과임에 비하여 도 13은 파라미터들이 ETSI EN 300744 권고안으로부터 구해진 정적 랠리 다중 경로 채널(static Rayleigh multipath channel) 상에서 시뮬레이션 된 결과이다.

<263> 임펄스 잡음은 [K.L. Blackard, T.S. Rappaport, C.W. Bostian, measurements and models of radio frequency impulsive noise for indoor wireless communications , IEEE J.

Sel. Areas in Comm., Vol. 11, pp. 991-1001, Sept. 1993]에서 설명된 모델과 기술을 사용하여 시뮬레이션 되었다.

<264> EP 1043874에서 제안된 시간 영역에서의 "클리핑 및 제로잉" 방법이 사용된 수신 시스템의 동작 곡선도 본 발명의 동작 곡선과의 비교를 위하여 도 12 및 도 13에 도시되어 있다. 여기서, 클리핑 레벨은 심벌 에러율을 최소화시키기 위한 단위로 선택되었다.

<265> 이상에서와 같이 도면과 명세서에서 최적 실시예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

#### 【발명의 효과】

<266> 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로 및 방법은 종래의 임펄스 잡음 억제 방법들의 단점을 보완하여 임펄스 잡음 억제 성능을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

복조된 OFDM 신호를 등화(equalize)시킨 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 상기 등화 신호 및 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 전체 잡음 신호를 출력하는 전체 잡음 측정부 ;

상기 전체 잡음 신호로부터 임펄스 잡음 신호를 추출하여 출력하는 임펄스 잡음 추출부 ; 및

상기 임펄스 잡음 신호를 수신하고 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호 및 상기 등화 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 발생하는 보상 신호 발생부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

## 【청구항 2】

제 1 항에 있어서, 상기 전체 잡음 측정부는,

상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들에 대응되는 기준 위상과 크기를 찾아 전송된 데이터 비트를 추정하고 추정된 전송 신호를 추정 전송 신호로서 출력하는 채널 추정부 ;

상기 등화 신호에서 상기 추정 전송 신호를 감산하는 제 1 연산부 ; 및

상기 제 1 연산부의 출력과 상기 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 임펄스 잡음과 가우스 잡음(White Gaussian Noise)이 섞여있는 상기 전체 잡음 신호를 출력하는 제 2 연산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

## 【청구항 3】

제 1항에 있어서, 상기 임펄스 잡음 추출부는,

상기 전체 잡음 신호를 역 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)하여 출력하는 역 푸리에 변환부 ;

상기 역 푸리에 변환부의 출력으로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 검출하는 피크 검출부 ; 및

상기 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 푸리에 변환하여 주파수 영역의 상기 임펄스 잡음 신호로서 출력하는 푸리에 변환부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

## 【청구항 4】

제 3항에 있어서, 상기 역 푸리에 변환부의 출력을  $\{d_k\}$  로 표시하고, 상기 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를  $\{u_k\}$  로 표시할 때,

상기 피크 검출부는,

수학식

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |d_k|^2 \quad \text{및}$$

수학식

$$u_k = \begin{cases} d_k, & \text{if } |d_k|^2 > c \sigma^2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

에 의해서 표현될 수 있고,

여기서, 상기 C 는 검출 오류에 대응되는 임계 값인 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

【청구항 5】

제 1항에 있어서, 상기 보상 신호 발생부는,

상기 임펄스 잡음 신호와 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 그 결과를 출력하는 제 3 연산부 ; 및

상기 등화 신호에서 상기 제 3 연산부의 출력을 감산하고 그 결과를 상기 보상 신호로서 출력하는 제 4 연산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

【청구항 6】

제 5항에 있어서, 상기 보상 신호 발생부는,

상기 채널 주파수 응답 신호를 역변환(Inverse Transform)하여 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 역 변환부 ;

상기 등화 신호를 일정한 시간만큼 지연시키는 제 1 지연부 ; 및

상기 역 주파수 응답 신호를 일정한 시간만큼 지연시키는 제 2 지연부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

【청구항 7】

제 1항에 있어서,

상기 복조된 OFDM 신호를 수신하여 상기 등화 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 등화기를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

#### 【청구항 8】

(a) 복조된 OFDM 신호를 등화(equalize)시킨 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 상기 등화 신호 및 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 전체 잡음 신호를 출력하는 단계 ;

(b) 상기 전체 잡음 신호로부터 임펄스 잡음 신호를 추출하여 출력하는 단계 ; 및

(c) 상기 임펄스 잡음 신호를 수신하고 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호 및 상기 등화 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 발생하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 방법.

#### 【청구항 9】

제 8 항에 있어서, 상기 (a) 단계는,

(a1) 상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들에 대응되는 기준 위상과 크기를 찾아 전송된 데이터 비트를 추정하고 추정된 전송 신호를 추정 전송 신호로서 출력하는 단계 ;

(a2) 상기 등화 신호에서 상기 추정 신호를 감산하는 단계 ; 및

(a3) 상기 (a2) 단계의 출력과 상기 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 임펄스 잡음과 가우스 잡음(White Gaussian Noise)이 섞여있는 상기 전체 잡음 신호를 출력하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 방법.

## 【청구항 10】

제 8항에 있어서, 상기 (b) 단계는,

(b1) 상기 전체 잡음 신호를 역 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)하여 출력하는 단계 ;

(b2) 상기 (b1) 단계의 출력으로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 검출하는 단계 ;  
및

(b3) 상기 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 푸리에 변환하여 주파수 영역의 상기 임펄스 잡음 신호로서 출력하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 방법.

## 【청구항 11】

제 8항에 있어서, 상기 (c) 단계는,

(c1) 상기 임펄스 잡음 신호와 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 그 결과를 출력하는 단계 ; 및

(c2) 상기 등화 신호에서 상기 (c1) 단계의 출력을 감산하고 그 결과를 상기 보상 신호로서 출력하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 방법.

## 【청구항 12】

전송된 OFDM 신호를 복조하기 위한 초기 푸리에 변환부 ;

상기 초기 푸리에 변환부에서 출력된 신호를 등화시킨 등화 신호 및 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 등화기 ; 및

상기 등화 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 상기 등화 신호에 포함된 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 출력하는 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로를 구비하고,  
 상기 복수개의 임펄스 잡음 억제 회로는,  
 직렬 연결되는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

### 【청구항 13】

제 12항에 있어서, 상기 임펄스 잡음 억제 회로는,  
 상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 상기 등화 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 전체 잡음 신호를 출력하는 전체 잡음 측정부 ;  
 상기 전체 잡음 신호로부터 임펄스 잡음 신호를 추출하여 출력하는 임펄스 잡음 추출부 ; 및  
 상기 임펄스 잡음 신호를 수신하고 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호 및 상기 등화 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 발생하는 보상 신호 발생부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

### 【청구항 14】

제 13 항에 있어서, 상기 전체 잡음 측정부는,  
 상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들에 대응되는 기준 위상과 크기를 찾아 전송된 데이터 비트를 추정하고 추정된 전송 신호를 추정 전송 신호로서 출력하는 채널 추정부 ;  
 상기 등화 신호에서 상기 추정 전송 신호를 감산하는 제 1 연산부 ; 및



상기 제 1 연산부의 출력과 상기 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 임펄스 잡음과 가우스 잡음(White Gaussian Noise)이 섞여있는 상기 전체 잡음 신호를 출력하는 제 2 연산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

#### 【청구항 15】

제 13항에 있어서, 상기 임펄스 잡음 추출부는,

상기 전체 잡음 신호를 역 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)하여 출력하는 역 푸리에 변환부 ;

상기 역 푸리에 변환부의 출력으로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 검출하는 피크 검출부 ; 및

상기 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 푸리에 변환하여 주파수 영역의 상기 임펄스 잡음 신호로서 출력하는 푸리에 변환부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

#### 【청구항 16】

제 15항에 있어서, 상기 역 푸리에 변환부의 출력을  $\{d_k\}$  로 표시하고, 상기 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를  $\{u_k\}$  로 표시할 때,

상기 피크 검출부는,

수학식

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |d_k|^2 \quad \text{및}$$

수학식

$$u_k = \begin{cases} d_k, & \text{if } |d_k|^2 > C \sigma^2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

에 의해서 표현될 수 있고,

여기서, 상기 C 는 검출 오류에 대응되는 임계 값인 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

#### 【청구항 17】

제 13항에 있어서, 상기 보상 신호 발생부는,

상기 임펄스 잡음 신호와 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 그 결과를 출력하는 제 3 연산부 ; 및

상기 등화 신호에서 상기 제 3 연산부의 출력을 감산하고 그 결과를 상기 보상 신호로서 출력하는 제 4 연산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

#### 【청구항 18】

제 17항에 있어서, 상기 보상 신호 발생부는,

상기 채널 주파수 응답 신호를 역변환(Inverse Transform)하여 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 역 변환부 ;

상기 등화 신호를 일정한 시간만큼 지연시키는 제 1 지연부 ; 및

상기 역 주파수 응답 신호를 일정한 시간만큼 지연시키는 제 2 지연부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

#### 【청구항 19】

OFDM 신호를 수신하여 복조하고, 소정의 전체 잡음 신호로부터 임펄스 잡음 신호를 추출하여 출력하는 복조 및 임펄스 잡음 추출부 ;

상기 복조 및 임펄스 잡음 추출부에서 출력되는 복조된 OFDM 신호를 등화시킨 등화 신호 및 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 등화기 ;

상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 상기 등화 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 상기 전체 잡음 신호를 출력하는 전체 잡음 측정부 ; 및

상기 임펄스 잡음 신호를 수신하고 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호 및 상기 등화 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 보상 신호를 발생하는 보상 신호 발생부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

#### 【청구항 20】

제 19항에 있어서, 상기 복조 및 임펄스 잡음 추출부는,

제어 신호에 응답하여 제 1 내지 제 3 입력 모드 신호중 하나를 출력하는 멀티플렉서 ;

상기 멀티플렉서의 출력을 수신하여 푸리에 변환하는 푸리에 변환부 ;

상기 제어 신호에 응답하여 상기 푸리에 변환부의 출력을 제 1 내지 제 3 출력 모드 신호중 하나로서 출력하는 디멀티플렉서 ;

상기 푸리에 변환부와 연계되어 상기 전체 잡음 신호를 역 푸리에 변환하는 역 푸리에 변환부 ; 및

상기 역 푸리에 변환부의 출력으로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 검출하고 상기 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 상기 제 3 입력 모드 신호로서 출력하는 피크 검출부를 구비하고,

상기 제 1 입력 모드 신호는 상기 OFDM 신호이고 상기 제 1 출력 모드 신호는 상기 OFDM 신호가 복조된 신호이고, 상기 제 3 출력 모드 신호는 주파수 영역의 임펄스 잡음 신호인 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

#### 【청구항 21】

제 20항에 있어서, 상기 역 푸리에 변환부의 출력을  $\{d_k\}$  로 표시하고, 상기 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를  $\{u_k\}$  로 표시할 때,

상기 피크 검출부는,

수학식

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |d_k|^2 \quad \text{및}$$

수학식

$$u_k = \begin{cases} d_k, & \text{if } |d_k|^2 > C \sigma^2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

에 의해서 표현될 수 있고,

여기서, 상기 C 는 검출 오류에 대응되는 임계 값인 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

#### 【청구항 22】

제 19항에 있어서, 상기 전체 잡음 측정부는,

상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들에 대응되는 기준 위상과 크기를 찾아 전송된 데이터 비트를 추정하고 추정된 전송 신호를 추정 전송 신호로서 출력하는 채널 추정부 ;

상기 등화 신호에서 상기 추정 전송 신호를 감산하는 제 1 연산부 ; 및

상기 제 1 연산부의 출력과 상기 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 임펄스 잡음과 가우스 잡음(White Gaussian Noise)이 섞여있는 상기 전체 잡음 신호를 출력하는 제 2 연산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

#### 【청구항 23】

제 19항에 있어서, 상기 보상 신호 발생부는,

상기 임펄스 잡음 신호와 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 그 결과를 출력하는 제 3 연산부 ; 및

상기 등화 신호에서 상기 제 3 연산부의 출력을 감산하고 그 결과를 상기 보상 신호로서 출력하는 제 4 연산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

#### 【청구항 24】

제 23항에 있어서, 상기 보상 신호 발생부는,

상기 채널 주파수 응답 신호를 역변환(Inverse Transform)하여 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 역 변환부 ;

상기 등화 신호를 일정한 시간만큼 지연시키는 제 1 지연부 ; 및

상기 역 채널 주파수 응답 신호를 일정한 시간만큼 지연시키는 제 2 지연부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

#### 【청구항 25】

제 19항에 있어서, 상기 보상 신호 발생부는,

상기 임펄스 잡음 신호와 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 내적(dot product)하여 그 결과를 출력하는 제 3 연산부 ;

선택 신호에 응답하여 상기 보상 신호가 피드백 된 신호를 출력하는 스위치 부 ; 및

상기 스위치 부의 출력에서 상기 제 3 연산부의 출력을 감산하고 그 결과를 상기 보상 신호로서 출력하는 제 4 연산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

#### 【청구항 26】

제 25항에 있어서, 상기 보상 신호 발생부는,

상기 채널 주파수 응답 신호를 역변환(Inverse Transform)하여 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 역 변환부 ;

상기 스위치 부의 출력을 일정한 시간만큼 지연시키는 제 1 지연부 ;

상기 역 채널 주파수 응답 신호를 일정한 시간만큼 지연시키는 제 2 지연부 ; 및

상기 보상 신호를 일정한 시간만큼 지연시켜 상기 스위치부로 인가하는 제 3 지연부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템.

#### 【청구항 27】

복조된 OFDM 신호를 등화(equalize)시킨 등화 신호에 포함된 부 반송파들로부터 전송된 데이터 비트를 추정하고 복조되기 전의 OFDM 신호 및 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 시간 영역의 전체 잡음 신호를 출력하는 전체 잡음 측정부 ; 및

상기 시간 영역의 전체 잡음 신호로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 추출하고 상기 복조되기 전의 OFDM 신호에 응답하여 임펄스 잡음이 제거된 시간영역의 보상 신호를 출력하는 시간 영역 보상 신호 발생부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

## 【청구항 28】

제 27 항에 있어서, 상기 전체 잡음 측정부는,

상기 등화 신호에 포함된 부 반송파들에 대응되는 기준 위상과 크기를 찾아 전송된 데이터 비트를 추정하고 추정된 전송 신호를 추정 전송 신호로서 출력하는 채널 추정부 ;

상기 채널 주파수 응답 신호와 상기 추정 전송 신호를 내적(dot product)하는 제 1 연산부 ;

상기 제 1 연산부의 출력을 역 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)하여 출력하는 역 푸리에 변환부 ; 및

상기 복조 되기 전의 OFDM 신호로부터 상기 역 푸리에 변환부의 출력을 감산하여 임펄스 잡음과 가우스 잡음(White Gaussian Noise)이 섞여있는 상기 시간영역의 전체 잡음 신호를 출력하는 제 2 연산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

## 【청구항 29】

제 27항에 있어서, 상기 시간 영역 보상 신호 발생부는,

상기 시간영역의 전체 잡음 신호로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 검출하는 피크 검출부 ; 및

상기 복조 되기 전의 OFDM 신호로부터 시간 영역의 임펄스 잡음 신호를 감산하여 상기 시간 영역의 보상 신호를 출력하는 제 3 연산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

## 【청구항 30】

제 27항에 있어서,

상기 시간 영역 보상 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호를 역 변환(inverse transform)시킨 역 채널 주파수 응답 신호에 응답하여 주파수 영역 보상 신호를 발생하는 주파수 영역 보상 신호 발생부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

## 【청구항 31】

제 30항에 있어서, 상기 주파수 영역 보상 신호 발생부는,

상기 시간영역 보상 신호를 푸리에 변환하는 푸리에 변환부 ;

상기 채널 주파수 응답 신호를 역변환(Inverse Transform)하여 상기 역 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 역 변환부 ; 및

상기 역 채널 주파수 응답 신호와 상기 푸리에 변환부의 출력을 내적하여 상기 주파수 영역 보상 신호를 발생하는 제 4 연산부를 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

## 【청구항 32】

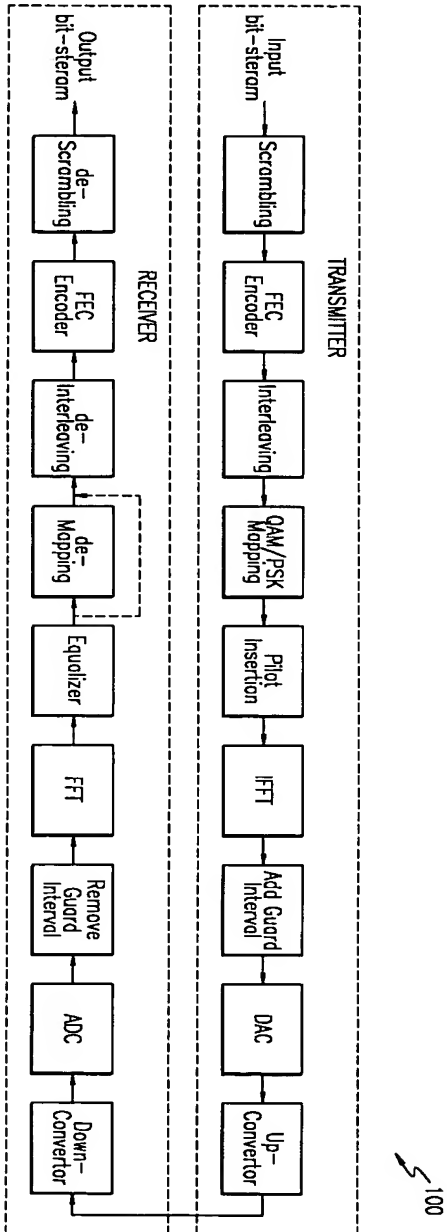
제 27항에 있어서,

상기 복조된 OFDM 신호를 수신하여 상기 등화 신호 및 상기 채널 주파수 응답 신호를 발생하는 등화기를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 시스템의 임펄스 잡음 억제 회로.

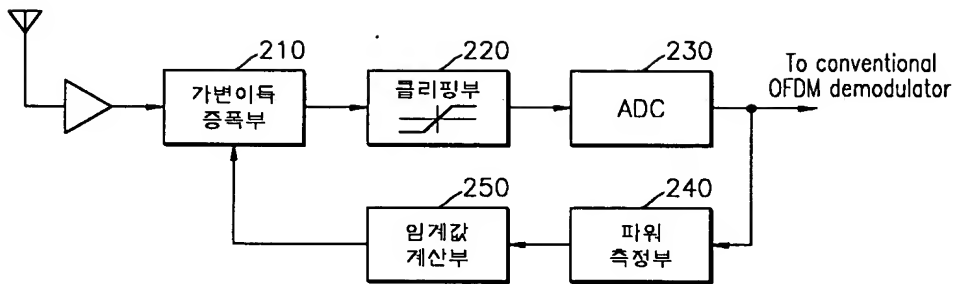


【도면】

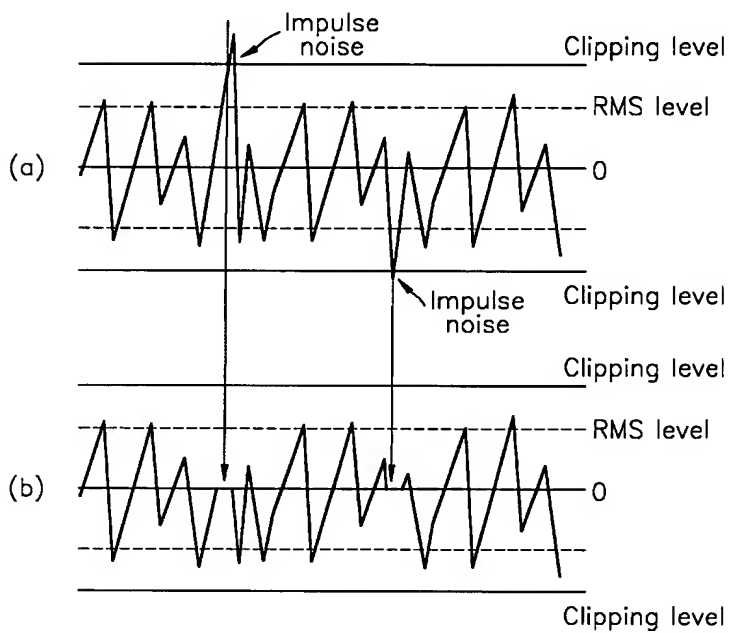
【도 1】



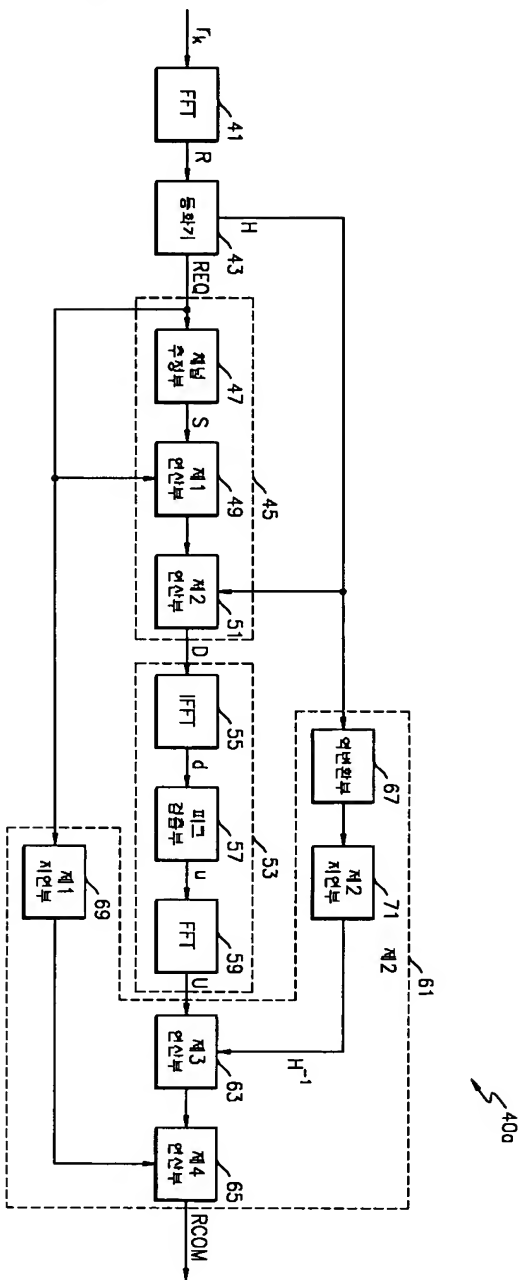
【도 2】



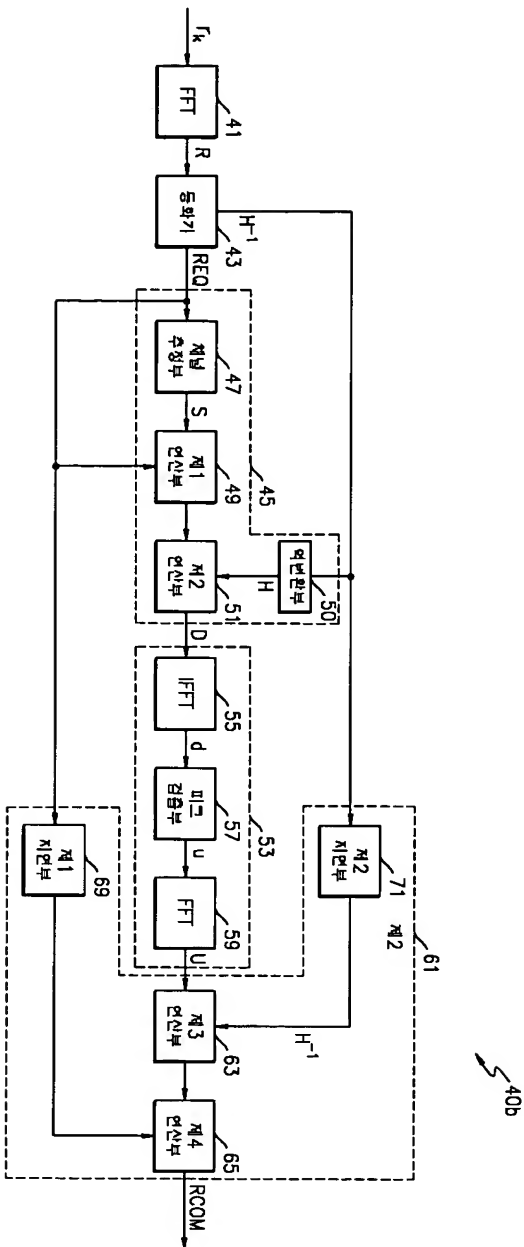
【도 3】



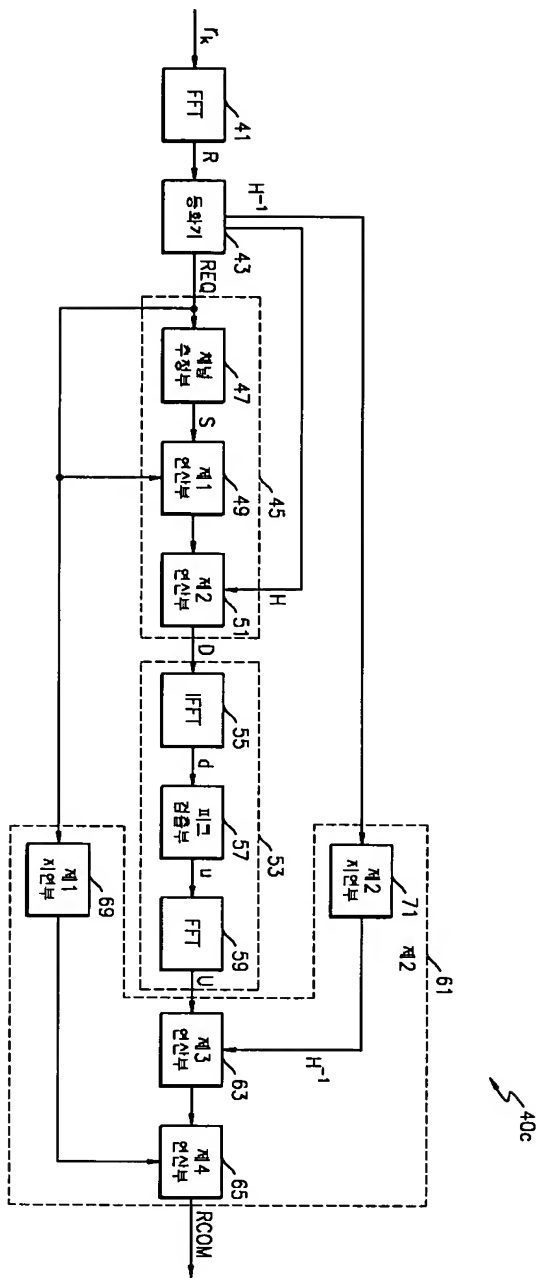
【도 4a】



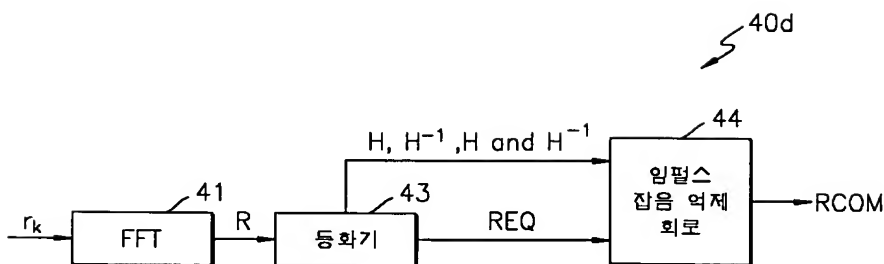
【도 4b】



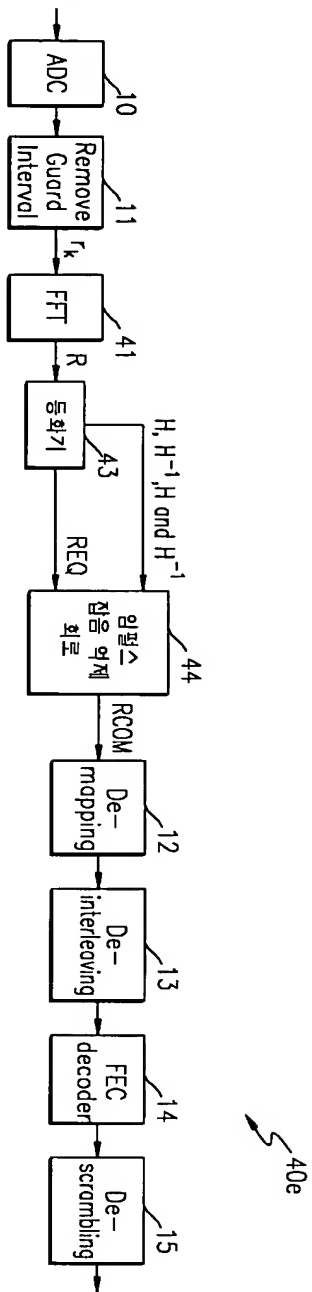
【도 4c】



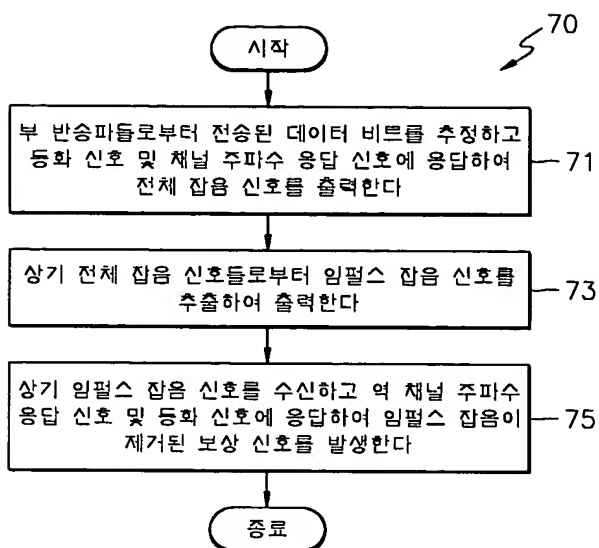
【도 4d】



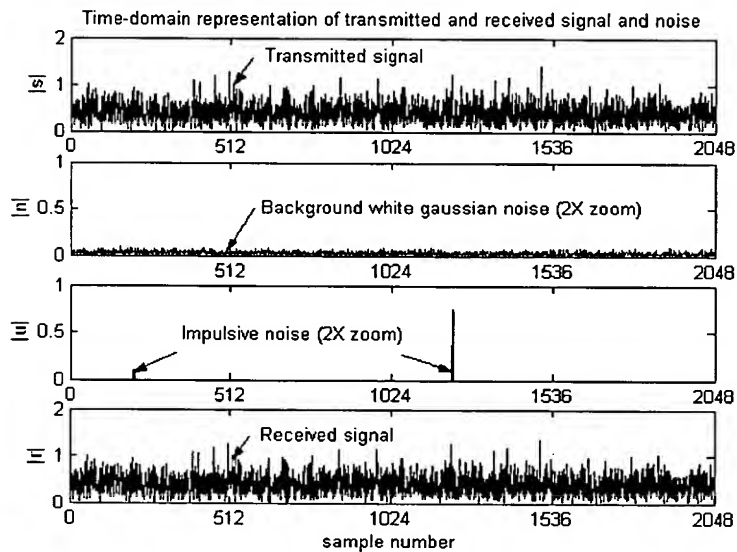
【도 4e】



【도 5】

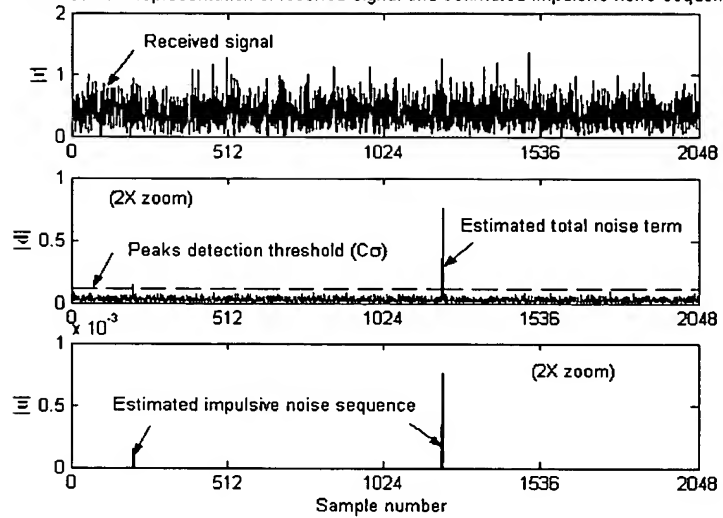


【도 6】



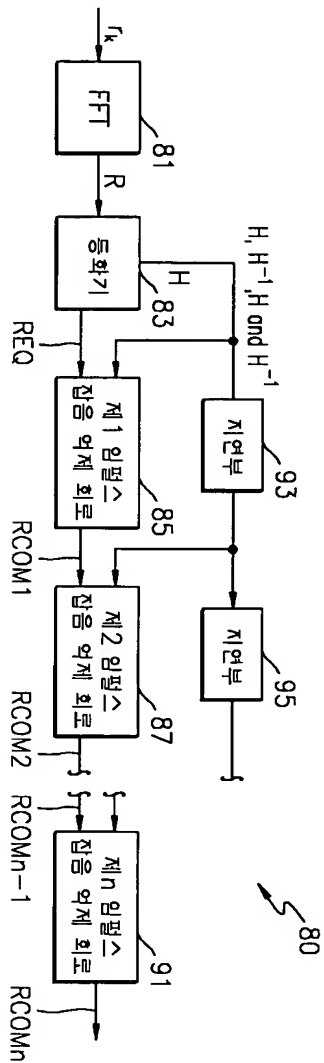
【도 7】

Time-domain representation of received signal and estimated impulsive noise sequence

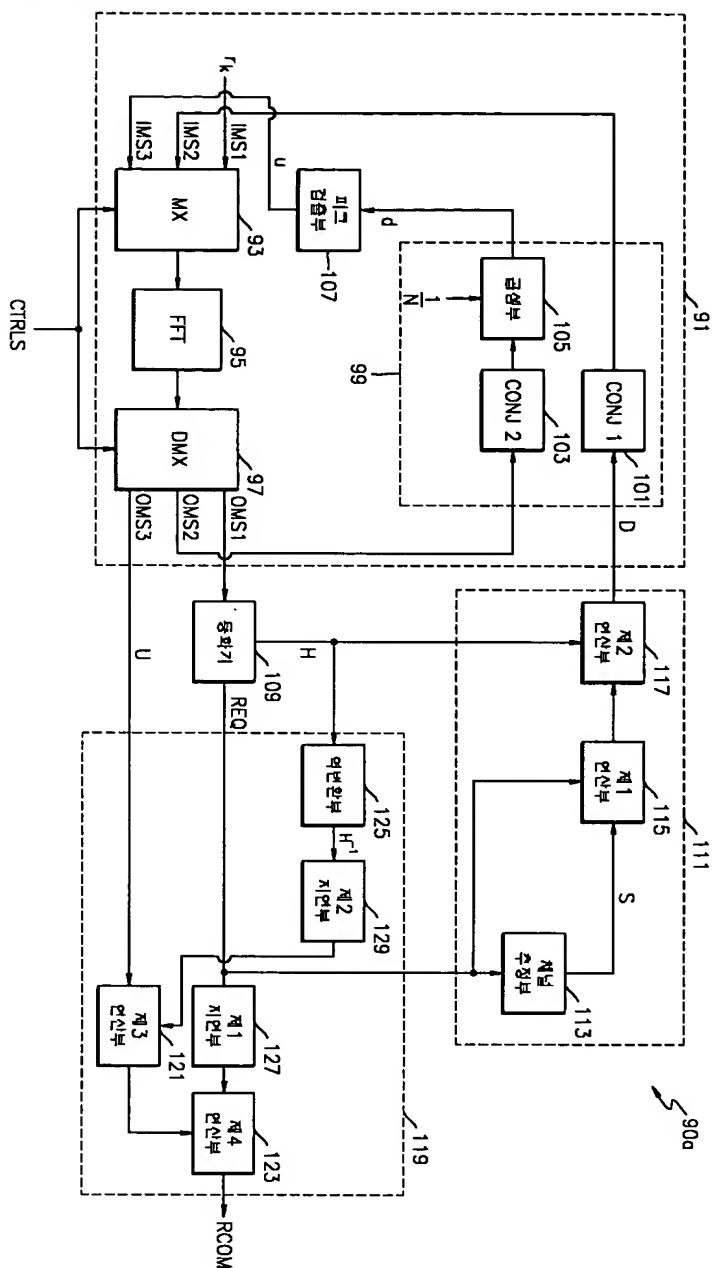




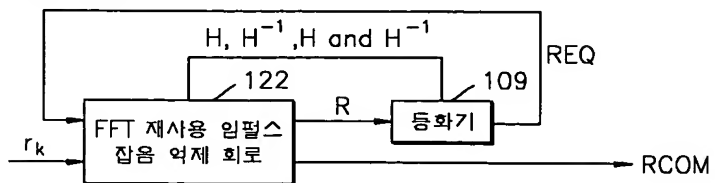
【도 8】



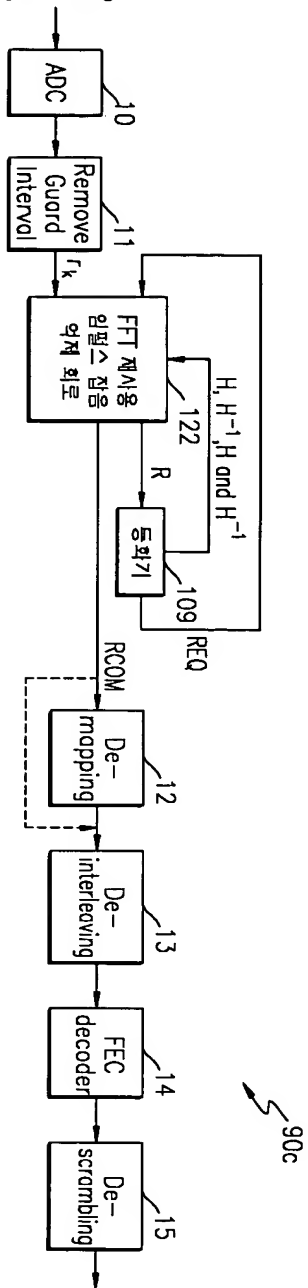
【도 9a】



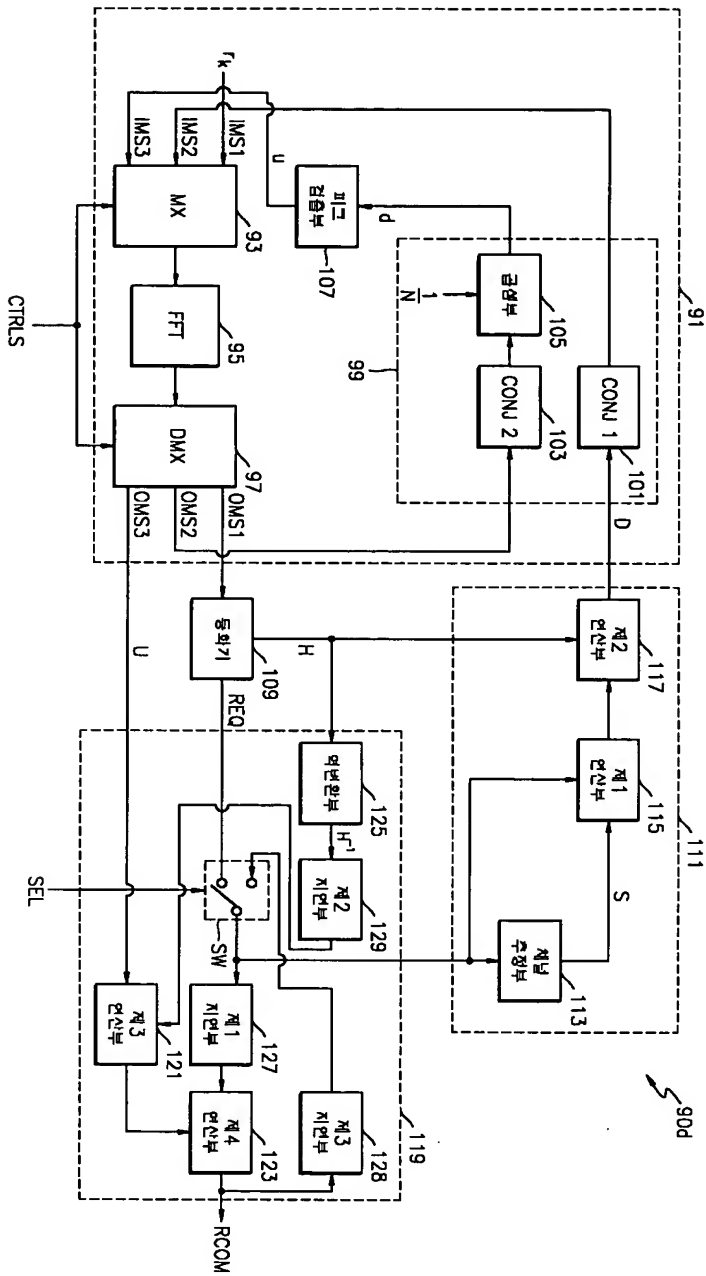
【도 9b】



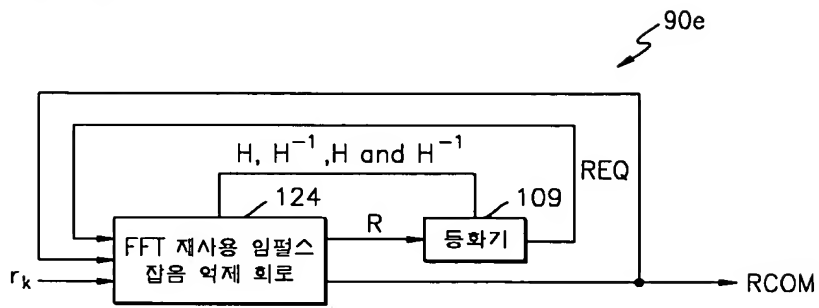
【도 9c】



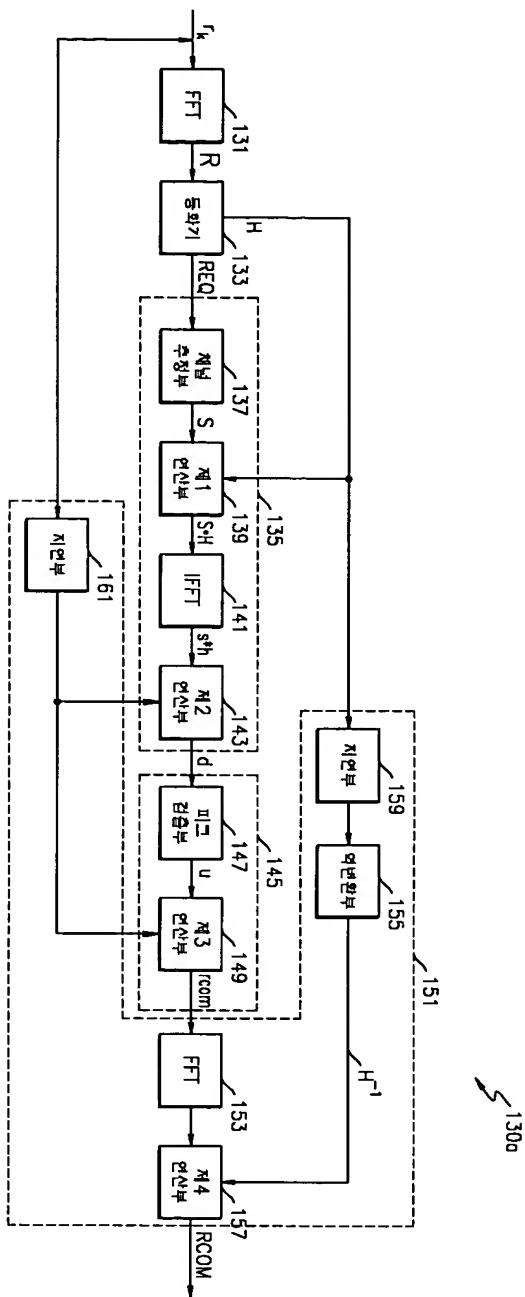
【도 9d】



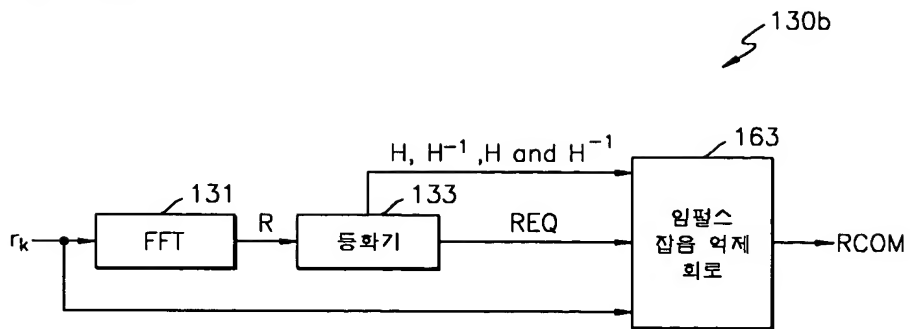
【도 9e】



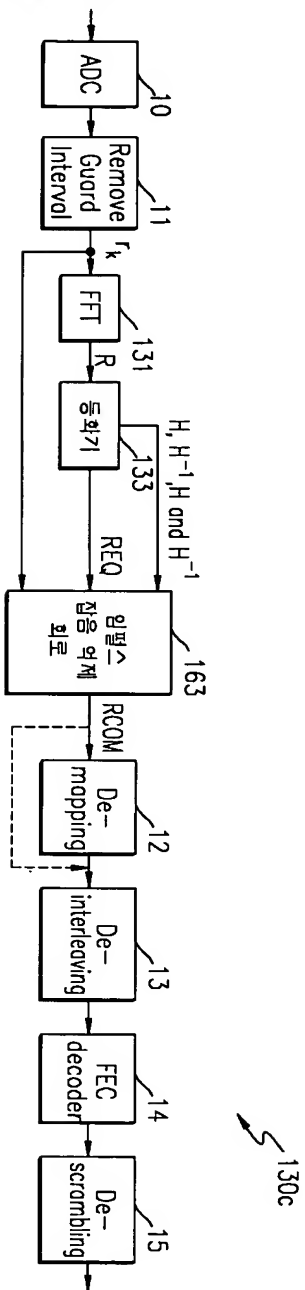
【도 10a】



【도 10b】

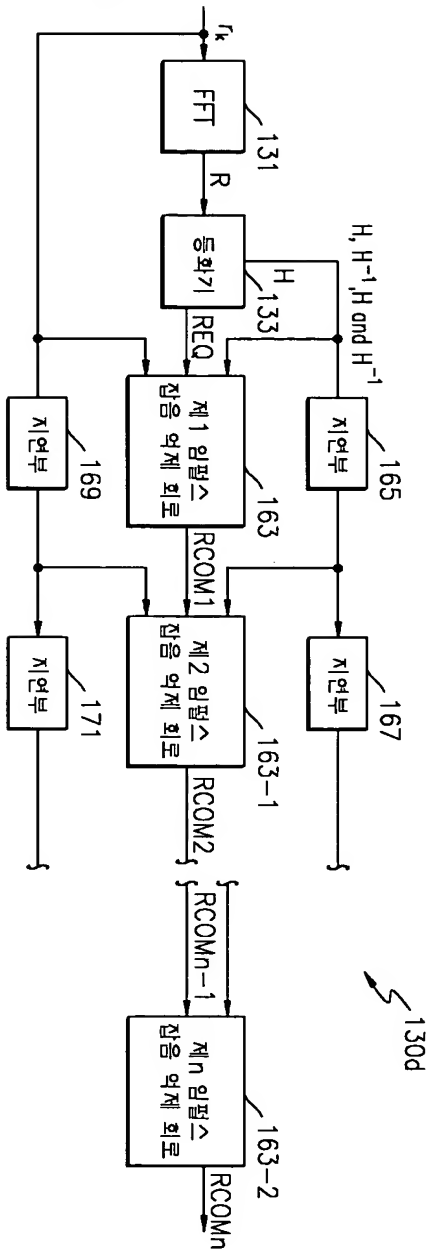


【도 10c】

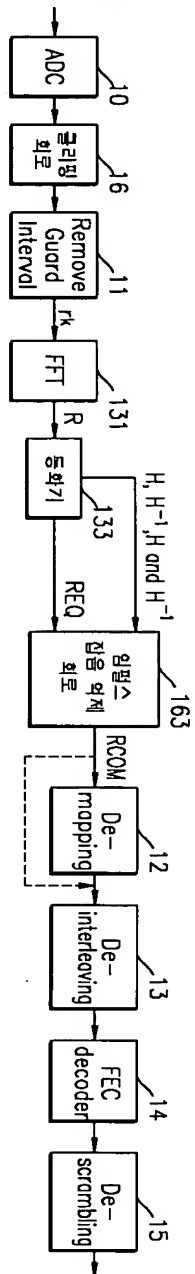




【도 10d】

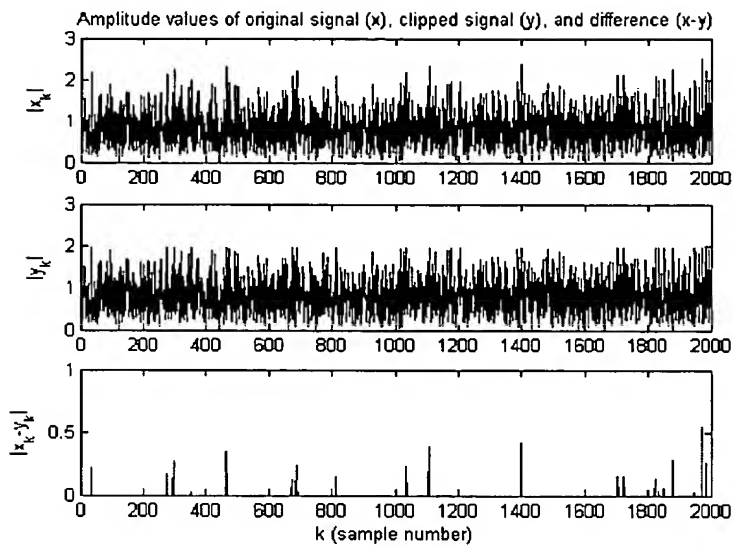


【도 10e】

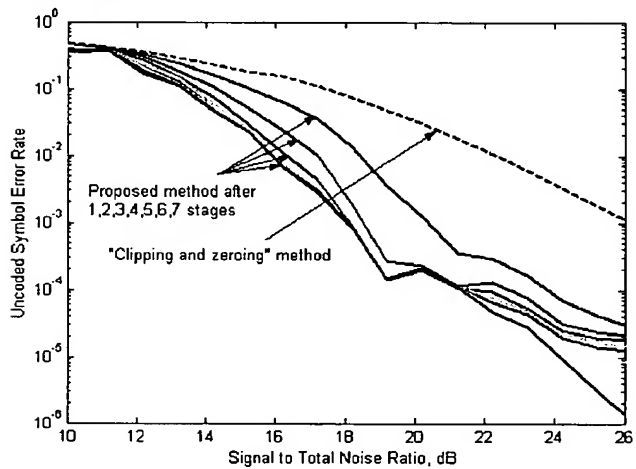


130e

【도 11】



【도 12】



【도 13】

